

**meteor**

**csillagászati évkönyv 2011**



A full-page background image showing an astronaut in a white spacesuit standing on the reddish, sandy surface of Mars. The astronaut is holding a small book titled 'meteor' in their gloved hands. The horizon is visible in the distance under a hazy sky.

A Magyar  
Csillagászati  
Egyesület  
lapja

**meteor**

a tengerfenéktől a „Marsig” olvassák!



**meteor.mcse.hu**

# METEOR CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV 2011



# **meteor** **csillagászati évkönyv** **2011**

Szerkesztette:  
Benkő József  
Mizser Attila



Magyar Csillagászati Egyesület  
[www.mcse.hu](http://www.mcse.hu)  
Budapest, 2010

Az évkönyv kalendárium részének összeállításában közreműködött:

Butuza Tamás  
Görgei Zoltán  
Hegedűs Tibor  
Kaposvári Zoltán  
Kovács József  
Sánta Gábor  
Sárneckzy Krisztián  
Szabó Sándor  
Szöllősi Attila

A kalendárium csillagtérképei az Ursa Minor szoftverrel készültek.

*www.ursaminor.hu*

Az elongációs grafikonok készítéséhez egyedi szoftvert használtunk,  
melyet Butuza Tamás készített.

Szakmailag ellenőrizte:

Szabados László

A kiadvány támogatói:

Mindazok, akik az SZJA 1%-ával támogatják  
a Magyar Csillagászati Egyesületet.

Adószámunk: 19009162-2-43

Felelős kiadó: Mizser Attila

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, *www.karman.hu*

Nyomtatás, kötészet: OOK-Press Kft., *www.ookpress.hu*

Terjedelem: 20 ív fekete-fehér + 1 ív színes melléklet  
2010. november

**ISSN 0866-2851**

# Tartalom

Bevezető .....	7
<b>Kalendárium</b> .....	11
<b>Cikkek</b>	
Kálmán Béla: A napkutató új eredményeiből .....	175
Kovács József: „Theoria motus corporum coelestium...” .....	187
Benkő József – Szabó Róbert: Idősorok az úrból .....	207
Kun Mária: Új ablakok a csillagközi anyagra .....	233
Hegedüs Tibor: A Tejútrendszer napjainkban .....	240
Budavári Tamás: A Világegyetem színe .....	277
<b>Beszámolók</b>	
Mizser Attila: A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2009-ben .....	289
Ábrahám Péter: Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2009-ben .....	295
Petrovay Kristóf: Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2009-ben .....	306
Hegedüs Tibor: A Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Csillagvizsgáló Intézete 2008–2010 .....	311

### **A címlapon**

Az M51 (Örvény-köd), az égbolt egyik legismertebb spirálgalaxisa. Szitkay Gábor felvétele a nyúli A\*P\*O magán-csillagvizsgáló 40 cm-es Newton-távcsövével készült, összesen 26 óra expozícióval. A képfeldolgozást Éder Iván és Koch Barnabás végezte.

### **A hátsó borítón**

Részlet a zirci Reguly Antal Könyvtár 1630-ban készült Blaeu-féle éggömbjéből. Tóth Zsuzsanna felvétele.



# Bevezető

Az új évtized első csillagászati évkönyvét tartja kezében az olvasó. Sajnos rendkívüli csillagászati jelenségekben a 2011-es év sem fog bővelkedni, bár végre ismét észlelhetünk egy jelentős mértékű részleges napfogyatkozást és két teljes holdfogyatkozást. Emellett további érdekes jelenségekben sem lesz hiány (együttállások, csillagfedések, meteorrajok stb.).

Egy csillagászati évkönyv egyik fontos szerepe az adott évre vonatkozó csillagászati alapadatok, valamint az érdekes, látványos, ritka – és természetesen a kötet lezárásáig előre jelezhető – égi jelenségek pontos közlése mindazok számára, akiket érdekelnek a csillagos ég jelenségei. A 2011-es kötetben sem találhatók hosszú oldalakon sorjázó számsorok, bár olvasóink visszajelzései alapján valamivel több táblázatos adatot közlünk, mint a 2008-as és 2009-es kötetekben. Így például részletesebb üstökös-előrejelzéseket közlünk, valamint ismét jelentkezőnk egy jelentősen átdolgozott meteorraj-táblázattal. Ugyancsak olvasói igényre ismét közöljük a bolygók láthatósági ábráit, a korábban megszokottnál tetszetősebb megjelenéssel.

Továbbra is valljuk, hogy számítástechnika és az internet mai elterjedtsége mellett, amikor egyre többen használnak különféle planetárium-programokat, és naprakész információkat kaphatnak az internetről, és ezzel akár személyre szóló „évkönyvet” is készíthetnek saját használatra, egy hagyományos, nyomtatott évkönyv gyökeresen más szerepet kell hogy kapjon. Olvasóink figyelmébe ajánljuk a Magyar Csillagászati Egyesület Meteor című lapját, mely számos aktuális égi jelenségről közöl előrejelzést Jelenség-naptárában, olyanokról is, melyek jellegüknél fogva nem jelenhetnek meg évkönyvünkben. Ugyancsak számos érdekes észlelési ajánlat található az MCSE honlapján ([www.mcse.hu](http://www.mcse.hu)) és hírportálján ([hirek.csillagaszat.hu](http://hirek.csillagaszat.hu)).

A 2011-es Csillagászati évkönyvben az utóbbi évek köteteinél megszokott módon igyekeztünk szemléletes ábrákkal is illusztrálni az év folyamán megfigyelhető jelenségeket. Az adott hónap csillagászati érdekességeire hosszabb-rövidebb ismertetőkkel hívjuk fel a figyelmet (meteorrajok, kis-

bolygók, üstökösök, fogyatkozások, fedések, mélyég-objektumok stb.). Mindezzel szeretnénk még közelebb hozni az érdeklődőket a csillagos éghoz, a korábbi évkönyvekhez képest céltudatosabban irányítva rá figyelőket egy-egy égi eseményre. Mindazok, akik kedvet kapnak a megfigyelések végzéséhez, a Meteor rovatvezetőinél kaphatnak további tájékoztatást (elérhetőségük megtalálható a kiadvány honlapján: meteor.mcse.hu).

A havi előrejelzéseket egy-egy évfordulós csillagásztörténeti érdekesség is színesíti.

A **Kalendárium** hagyományos naptár része minden hónapban két oldal táblázattal kezdődik. Ezekben minden időadat közép-európai időben (KÖZEI) szerepel. A bal oldali naptártáblázat első oszlopában található a napnak a hónapon belüli sorszáma, a nap nevének rövidítése és a napnak az év első napjától számított sorszáma. A hetek sorszámát az érvényes magyar szabvány szerint adjuk meg. A Nap időadatai mellett szerepel a delelési magassága, valamint az időegyenlítés értéke is. Az időegyenlítés azt adja meg, hogy az időzónánk közepén ( $\lambda = 15^\circ$ ) mennyit tér el a Nap valódi delelési időpontja a zónaidő déli 12 órájától. Minthogy az évkönyv táblázatai a  $\lambda = 19^\circ$  földrajzi hosszúságra készültek, a delelési időpont oszlopában látható, hogy a valódi Nap itt 16 perccel korábban delel, mint az időzóna közepén.

A jobb oldali táblázatban a Julián-dátum és a greenwichi csillagidő található. Mindkettőnek a csillagászati számításoknál vehetjük hasznát. Az utolsó oszlopban az adott naptári napon ünnepelt névnapok listáját olvashatjuk. A névnap lista adatainak forrása a Vince Kiadónál megjelent Ladó-Bíró: Magyar utónévkönyv című munka. A táblázat alatt az ismertebb ünnepek, időszámítási és kronológiai információk kaptak helyet.

A nyári időszámítás kezdetét és végét egyaránt jelezzük a táblázat alján.

Az **eseménynaptárban** az időpontokat világidőben (UT) adtuk meg.

A négy fő holdfázis időpontjai perc pontosságúak és geocentrikusak, megadtuk a csillagkép nevét is, ahol a Hold tartózkodik az adott időpontban.

A Föld napközeli- és naptávoli-időpontjai (perigeum és apogeum) tized perc pontosságúak, geocentrikusak, valamint fel van tüntetve a Föld távolsága is a Naptól CSE-ben.

A napéjegylenlőségek és napfordulók időpontjai perc pontosságúak és geocentrikusak.

A Hold librációinak időpontjai perc pontosságúak, geocentrikusak. Egy lunáción belül hat időpont van megadva, a legnagyobb északi, déli, keleti és nyugati érték időpontja, valamint a legkisebb és legnagyobb eredő libráció (század fok pontossággal).

Korai/késői holdsarlók. A 48 óránál fiatalabb, illetve idősebb holdsarlók láthatóságának időpontjait adtuk meg perc pontossággal, Budapestre számítva,  $-6$  fokos napmagasságra. Az előre jelzett jelenségeknél megadtuk a holdsarló korát valamint a horizont feletti magasságát is.

Bolygók dichotómiája. A Merkúr és a Vénusz bolygó 50%-os fázisának időpontjait is tartalmazza a jelenségnaptár perc pontossággal, a Föld középpontjából nézve.

A Hold földközeli- és földtávol-időpontjai perc pontosságúak, valamint meg vannak adva a Hold távolságadatai a Föld középpontjától és a Hold látszó átmérője is tized ívmásodperc pontossággal.

Az eseménynaptár perc pontossággal tartalmazza azokat az időpontokat is, amikor a Hold eléri legkisebb/legnagyobb deklinációs értékét.

A belső bolygók elongációinak és oppozícióinak időpontjai geocentrikusak és perc pontosságúak, az eseménynaptár tartalmazza az elongációk mértékét, a bolygók fényességét, átmérőjét és a fázisait ezekben az időpontokban. A Merkúr és a Vénusz alsó, illetve a felső együttállását a Nappal perc pontossággal adtuk meg. A külső bolygóknál az időpontok szintén perc pontosságúak, járulékos adatként a bolygók látszó átmérőit, fényességüket, továbbá azt a csillagképet is megadtuk, ahol épp tartózkodnak.

A 2011-es évben négy napfogyatkozás következik be, mindegyik szerepel a Kalendáriumban. Hazánkból csak a január 4-i napfogyatkozás lesz látható, a délelőtti órákban.

2011-ben két holdfogyatkozás következik be, a másodperc pontosságú időpontok geocentrikus kezdő és befejező kontaktus-időpontok. Hazánkból mindkét jelenség látható lesz.

A Hold látványosabb csillagfedéseit másodperc pontossággal adjuk meg, továbbá szerepel a fedendő csillag neve, fényessége, a hold fázisa és a súroló fedés helye több magyarországi településre számítva. Térképen mutatjuk be, hogy Magyarország mely területein észlelhető a július 14-i súroló fedés.

2011-ben nem lesz észlelhető hazánkból bolygófedés.

A Jupiter-holdak jelenségei közül azokat az eseményeket szerepeltetjük a felsorolásban, amikor egy éjszaka során két holdjelenség is lesz, valamint amikor a Jupiter korongján két hold árnyéka látszik.

2011-ben még mindig közel éléről láthatjuk a Szaturnusz hold- és gyűrűrendszerét. Ennek apropóján közöljük a Szaturnusz-holdak láthatósági ábráját (mely hasonló a Jupiternél megszokott ábrához).

A bolygók kölcsönös megközelítései közül azok kerültek be, amelyeknél  $2,5$  foknál kisebb a távolság az égitestek között, és a jelenség legalább egy része sötét égbolton megfigyelhető.

A Hold csillag- és bolygómegközelítései közül azokat az eseményeket szerepeltetjük, amelyeknél Budapestről nézve a Hold 5 foknál közelebb kerül egy bolygóhoz, illetve 1 fokon belül egy fényes csillaghoz. Ha nem éjszakai időszakra esik a megközelítés, akkor külön megadjuk a legkisebb szögtávolságot és annak időpontját.

A bolygók csillagfedései, illetve csillag-megközelítései közül az olyan események szerepelnek, amelyeknél Budapestről nézve egy bolygó egy szabad szemmel látható csillagtól 30'-en belül halad el, illetve egy 11,5 magnitúdónál fényesebb csillagot 60"-nél jobban megközelít. Külön említjük azokat a jelenségeket, amikor egy bolygó, üstökös vagy kisbolygó fényes mélyég-objektum mellett halad el.

A kisbolygók csillag-, illetve mélyégobjektum-megközelítései közül azok az események kaptak helyet, amelyeknél egy 12,0 magnitúdónál fényesebb kisbolygó egy 11 magnitúdónál fényesebb mélyég-objektumot közelít meg.

Reméljük, hogy ezekkel a változtatásokkal sikerült egy „felhasználóbarátabb” csillagászati évkönyvet adnunk olvasóink kezébe. Természetesen a változtatásokkal, az óhatatlanul előforduló hibákkal, valamint a módosítási javaslatokkal kapcsolatosan – mint eddig, ezután is – kérjük, hogy keressék meg a kötet szerkesztőit az mcse@mcse.hu címen.

Csillagászati évkönyvünk kereskedelmi forgalomban is kapható, azonban minden olvasónknak ajánljuk, hogy közvetlenül a Magyar Csillagászati Egyesülettől szerezzék be (személyesen az óbudai Polaris Csillagvizsgálóban is megvásárolható). A legjobb megoldás azonban az, ha maguk is az MCSE tagjaivá válnak, ugyanis ez esetben tagilletményként egészen biztosan hozzájuthatnak kiadványunkhoz. Az egyesületi tagsággal kapcsolatos információk megtalálhatók egyesületi honlapunkon ([www.mcse.hu](http://www.mcse.hu)).

# KALENDÁRIUM

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – január**

KÖZEI

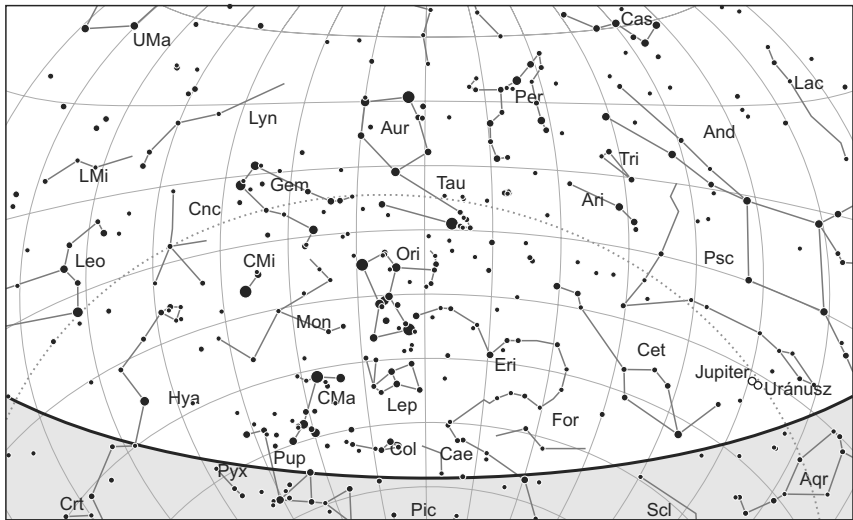
Dátum		Nap			$h_d$ °	$E_t$ m	Hold			fázis h m
		kel h m	delel h m	nyugszik h m			kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. sz	1.	7 31	11 47	16 03	19,5	-3,2	4 48	9 06	13 21	
2. v	2.	7 31	11 48	16 04	19,6	-3,7	5 51	10 03	14 14	
1. hét										
3. h	3.	7 31	11 48	16 05	19,7	-4,1	6 45	10 58	15 15	
4. k	4.	7 31	11 48	16 06	19,8	-4,6	7 28	11 52	16 21	● 10 03
5. sz	5.	7 31	11 49	16 07	19,9	-5,0	8 02	12 42	17 29	
6. cs	6.	7 31	11 49	16 08	20,0	-5,5	8 30	13 29	18 37	
7. p	7.	7 30	11 50	16 09	20,2	-5,9	8 53	14 13	19 43	
8. sz	8.	7 30	11 50	16 11	20,3	-6,4	9 13	14 55	20 47	
9. v	9.	7 30	11 51	16 12	20,4	-6,8	9 32	15 35	21 50	
2. hét										
10. h	10.	7 29	11 51	16 13	20,6	-7,2	9 50	16 16	22 53	
11. k	11.	7 29	11 51	16 14	20,7	-7,6	10 09	16 57	23 57	
12. sz	12.	7 28	11 52	16 16	20,9	-8,0	10 30	17 40	–	● 12 31
13. cs	13.	7 28	11 52	16 17	21,0	-8,4	10 54	18 25	1 02	
14. p	14.	7 27	11 53	16 18	21,2	-8,8	11 23	19 14	2 08	
15. sz	15.	7 27	11 53	16 20	21,4	-9,1	12 00	20 06	3 14	
16. v	16.	7 26	11 53	16 21	21,6	-9,5	12 47	21 02	4 19	
3. hét										
17. h	17.	7 25	11 54	16 22	21,8	-9,8	13 45	22 00	5 18	
18. k	18.	7 25	11 54	16 24	22,0	-10,2	14 54	22 58	6 09	
19. sz	19.	7 24	11 54	16 25	22,2	-10,5	16 11	23 56	6 52	○ 22 21
20. cs	20.	7 23	11 55	16 27	22,4	-10,8	17 31	–	7 27	
21. p	21.	7 22	11 55	16 28	22,6	-11,1	18 53	0 52	7 56	
22. sz	22.	7 21	11 55	16 29	22,8	-11,4	20 14	1 45	8 22	
23. v	23.	7 20	11 55	16 31	23,1	-11,6	21 34	2 37	8 46	
4. hét										
24. h	24.	7 19	11 56	16 32	23,3	-11,9	22 53	3 29	9 10	
25. k	25.	7 18	11 56	16 34	23,6	-12,2	–	4 20	9 36	
26. sz	26.	7 17	11 56	16 35	23,8	-12,4	0 12	5 13	10 04	● 13 57
27. cs	27.	7 16	11 56	16 37	24,1	-12,6	1 28	6 06	10 38	
28. p	28.	7 15	11 57	16 39	24,3	-12,8	2 39	7 02	11 19	
29. sz	29.	7 14	11 57	16 40	24,6	-13,0	3 44	7 57	12 09	
30. v	30.	7 13	11 57	16 42	24,8	-13,2	4 40	8 53	13 06	
5. hét										
31. h	31.	7 12	11 57	16 43	25,1	-13,3	5 26	9 46	14 10	

## január

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 563	6 41 12	Újév; Fruzsina, Aglája, Álmos
2.	2 455 564	6 45 08	Ábel, Ákos, Fanni, Gergely, Gergő, Stefánia
3.	2 455 565	6 49 05	Benjámín, Genována, Dzszenifer, Gyöngyvér, Hermina
4.	2 455 566	6 53 01	Leona, Títusz, Angéla, Angelika, Izabella
5.	2 455 567	6 56 58	Simon, Árpád, Ede, Emília, Gáspár
6.	2 455 568	7 00 54	Boldizsár, Gáspár, Menyhért
7.	2 455 569	7 04 51	Attila, Ramóna, Bálint, Melánia, Rajmund, Valentin
8.	2 455 570	7 08 48	Gyöngyvér, Virág
9.	2 455 571	7 12 44	Marcell
10.	2 455 572	7 16 41	Melánia, Vilma, Vilmos
11.	2 455 573	7 20 37	Ágota, Agáta
12.	2 455 574	7 24 34	Ernő, Erna, Ernesztina, Veronika
13.	2 455 575	7 28 30	Veronika, Csongor, Ivett, Judit, Vera
14.	2 455 576	7 32 27	Bódog
15.	2 455 577	7 36 23	Loránd, Lóránt, Alfréd, Pál, Sándor
16.	2 455 578	7 40 20	Gusztáv, Fanni, Henrik, Marcell, Ottó, Stefánia
17.	2 455 579	7 44 17	Antal, Antónia, Leonetta, Roxána
18.	2 455 580	7 48 13	Piroska, Aténé, Beatrix, Margit, Pál
19.	2 455 581	7 52 10	Sára, Márió, Margit, Márta, Sarolta, Veronika
20.	2 455 582	7 56 06	Fábián, Sebestyén, Szabasztján, Tímea
21.	2 455 583	8 00 03	Ágnes
22.	2 455 584	8 03 59	Vince, Artúr, Artemisz, Cintia, Dorián
23.	2 455 585	8 07 56	Zelma, Rajmund, Emese, János, Mária
24.	2 455 586	8 11 52	Timót, Erik, Erika, Ferenc, Vera, Veronika, Xénia
25.	2 455 587	8 15 49	Pál, Henriett, Henrietta, Henrik, Péter
26.	2 455 588	8 19 46	Vanda, Paula, Titanilla
27.	2 455 589	8 23 42	Angelika, Angéla, János
28.	2 455 590	8 27 39	Károly, Karola, Ágnes, Amália, Apollónia, Margit, Péter
29.	2 455 591	8 31 35	Adél, Etelka, Ferenc
30.	2 455 592	8 35 32	Martina, Gerda, Gellért
31.	2 455 593	8 39 28	Marcella, János, Lujza, Péter

6. Vízkereszt

14. A Julián-naptár szerinti újév napja



A déli égbolt január 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap folyamán napkelte előtt figyelhető meg a keleti ég alján. 9-én van legnagyobb nyugati kitérésben,  $23,3^\circ$ -ra a Naptól. Viszonylag kedvező hó eleji láthatósága fokozatosan romlik az ekliptika állásszögének változása miatt. A hónap elején még egy és háromnegyed órával kel a Nap előtt, a végén már csak negyven perccel.

**Vénusz:** A hajnali égbolt feltűnő égiteste, magasan a délkeleti látóhatár felett. A hónap elején majdnem négy, a végén három órával kel a Nap előtt. 8-án kerül legnagyobb nyugati kitérésbe,  $47^\circ$ -ra a Naptól. Fényessége  $-4,5^m$ -ről  $-4,3^m$ -ra, átmérője  $27''$ -ről  $19,7''$ -re csökken, fázisa  $0,46$ -ról  $0,61$ -ra nő.

**Mars:** Előretartó mozgást végez a Nyilas, majd a Bak csillagképben. A hónap legelőjén még megkísérelhető felkeresése napnyugta után a délnyugati látóhatár közelében. Ekkor még fél órával nyugszik a Nap után, de ez az érték gyorsan csökken, a bolygó hamar elvész a közeli Nap sugaraiban. Fényessége  $1,2^m$ -ről  $1,1^m$ -ra nő, átmérője  $3,9''$ .

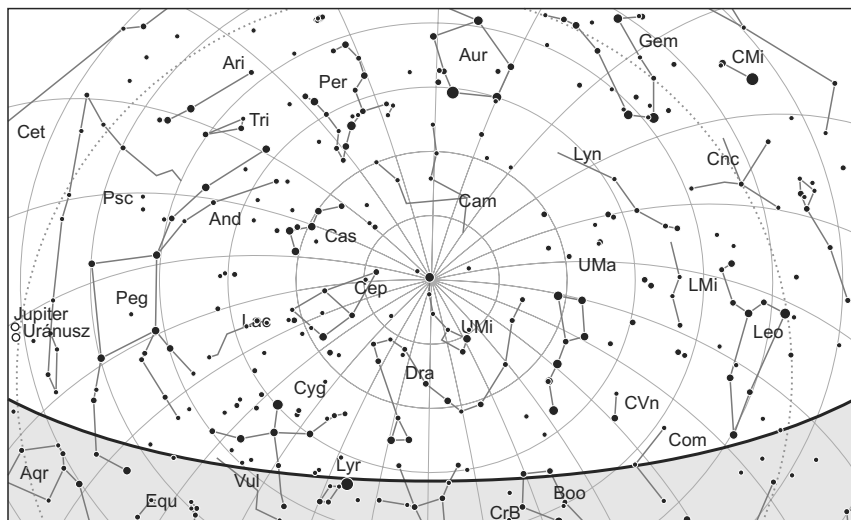
**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. Feltűnően látszik az éjszakai délnyugati égen, késő éjszaka nyugszik. Fényessége  $-2,3^m$ , átmérője  $37''$ .

**Szaturnusz:** Kezdetben előretartó, 27-étől hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében látható. Fényessége  $0,7^m$ , átmérője  $18''$ .

**Uránusz:** Az esti órákban figyelhető meg a Halak csillagképben. Késő este nyugszik.

**Neptunusz:** A hónap első felében még kereshető az esti szürkületben. Kezdetben a Bak csillagképben mozog, 23-án lép át a Vízöntőbe.





Az északi égbolt január 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

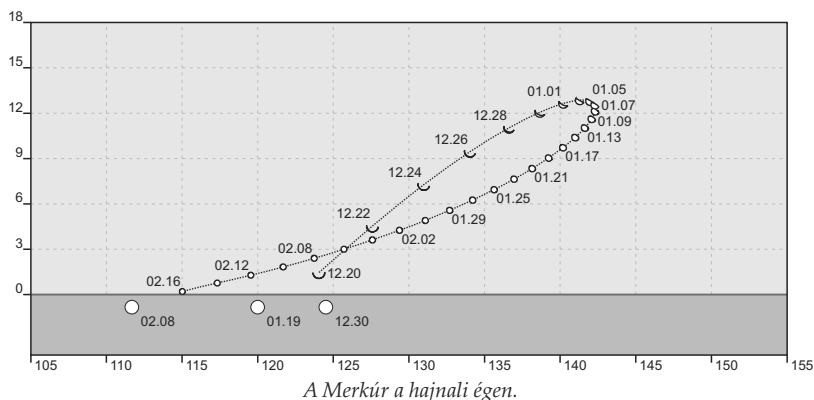
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

01.02	9:10	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-25,1^\circ$ -nál (4%-os, csökkenő hold-fázis)
01.03	5:56	27 óra 6 perces holdsarló $1^\circ$ magasan a hajnali égen (a Merkúrtól $10^\circ$ -ra, a Vénusztól $34^\circ$ -ra keletre)
01.03	18:31	A Föld napközeli (0,983341 CSE)
01.03	19:10	Két Jupiter-hold (Io és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján 19:24 UT-ig
01.04	1:00	A Quadrantidák meteorraj maximuma (radiáns $34^\circ$ magasan, a Hold a megfigyelést nem zavarja)
01.04	7:05	Részleges napfogyatkozás, napkelte után kezdődik, 08:28 UT-kor a napfogyatkozás maximális fázisa 0,778, fogyatkozás vége 09:58 UT-kor
01.04	9:03	Újhold (Hold a Sagittarius csillagképben)
01.04	10:18	A Merkúr dichotómiája (50% fázis, $22^\circ$ -os nyugati elongáció, $7,4''$ látszó átmérő)
01.04	16:21	A Jupitertől $31,1'$ távolságra látszik az Uránusz, a Naptól $73^\circ$ -os elongációban
01.04	16:31	A Hold minimális librációja ( $l = 3,79^\circ$ , $b = -1,17^\circ$ )
01.05	15:43	30 óra 40 perces holdsarló $6^\circ$ magasan az esti égen
01.08	6:56	A Vénusz dichotómiája (50% fázis, $47^\circ$ -os nyugati elongáció, $24,9''$ látszó átmérő)

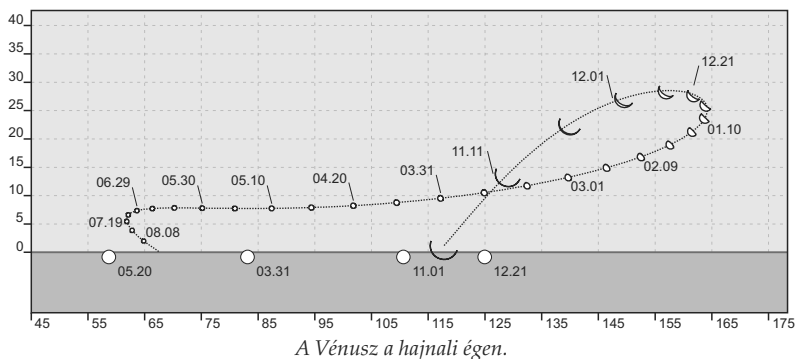
**Dátum Időpont Esemény**

01.08	16:02	A Vénusz legnagyobb nyugati elongációja ( $47^\circ$ elongáció, $-4,4^m$ , $24,8''$ átmérő, 50% fázis, Libra csillagkép)
01.09	14:26	A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja ( $23^\circ$ elongáció, $-0,2^m$ , $6,6''$ átmérő, 64% fázis, Ophiuchus csillagkép)
01.10	5:41	A Hold földtávolban (földtávolság: 405 013 km, látszó átmérő: $29'30''$ , 29%-os, növekvő holdfázis)
01.10	5:55	A legnagyobb elongációban levő Merkúr és Vénusz, valamint a Szaturnusz látványos együttállása a hajnali égbolton
01.10	15:48	A 33%-os, növekvő fázisú Holdtól $6,3^\circ$ -ra délre látható a Jupiter
01.10	20:38	A Hold déli librációja ( $b = -6,45^\circ$ )
01.10	21:23	A (747) Winchester kisbolygó ( $10,6^m$ ) elfedi a TYC 0786-00560-1-et ( $10,6^m$ )
01.12	11:31	Első negyed (Hold a Pisces csillagképben)
01.14	23:28	A Hold mögé belép a $\zeta$ Arietis ( $4,9^m$ , 74%-os, növekvő holdfázis)
01.15	15:55	A Hold mögé belép a 32 Tauri ( $5,6^m$ , 79%-os, növekvő holdfázis)
01.15	16:32	A 80%-os, növekvő fázisú Hold $2,9^\circ$ -ra a Fiastyúktól (M45 nyílthalmaz) a Taurus csillagképben
01.16	1:43	A Hold nyugati librációja ( $l = -7,13^\circ$ )
01.16	17:46	A Hold mögé belép a 99 Tauri ( $5,8^m$ , 88%-os, növekvő holdfázis)
01.16	20:23	A Hold eléri legnagyobb deklinációját $+23,8^\circ$ -nál (89%-os, növekvő holdfázis)
01.17	20:56	A Hold mögé belép az 1 Geminorum ( $4,3^m$ , 95%-os, növekvő holdfázis), kilépés 22:08-kor
01.17	23:26	A 95%-os, növekvő fázisú Hold $1,4^\circ$ -ra megközelíti az M35 nyílthalmazt a Taurus csillagképben
01.18	0:06	A Hold mögé belép a 3 Geminorum ( $5,8^m$ , 95%-os, növekvő holdfázis)
01.18	0:23	A Hold mögé belép a 4 Geminorum ( $6,9^m$ , 95%-os, növekvő holdfázis)
01.18	1:16	A Hold mögé belép a 6 Geminorum ( $6,5^m$ , kettőscsillag, 96%-os, növekvő holdfázis)
01.18	2:25	A Hold mögé belép az $\eta$ Geminorum (Propus, $3,5^m$ , kettőscsillag, 96%-os, növekvő holdfázis), kilépés 03:18-kor
01.18	21:20	A 99%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől $13'$ -re látható a $\zeta$ Geminorum (Mekbuda, $3,8^m$ )
01.19	21:21	Telehold (Hold a Cancer csillagképben)
01.20	20:58	A (148) Gallia kisbolygó ( $11,9^m$ ) $7,3'$ -re délnyugatra a $\pi$ Leonistól
01.20	21:50	A (20) Massalia kisbolygó ( $10,1^m$ ) $12'$ -re északra az NGC 4030 galaxis-tól ( $10,6^m$ )
01.22	0:17	A Hold földközelen (földtávolság: 362 772 km, látszó átmérő: $32'56''$ , 94%-os, csökkenő holdfázis)
01.22	22:46	A Hold mögül kilép az 55 Leonis ( $5,9^m$ , 87%-os, csökkenő holdfázis)
01.23	3:09	A Hold mögül kilép a 62 Leonis ( $6,0^m$ , 86%-os, csökkenő holdfázis)
01.24	3:03	A (554) Peraga kisbolygó ( $11,7^m$ ) $10,1'$ -re északra a 8 Gem-től
01.24	4:40	A (7) Iris kisbolygó oppozícióban a Cancer csillagképben ( $7,9^m$ )
01.24	5:09	A 9P/Tempel 1-üstökös $18'$ -re megközelíti a (9) Metis kisbolygót ( $11,8^m$ )



### Dátum Időpont Esemény

- 01.24 7:23 A Hold északi librációja ( $b = 7,68^\circ$ )
- 01.25 17:34 A (144) Vibia kisbolygó ( $12,1^m$ ) elfedi a TYC 1228-00368-1-et ( $9,9^m$ )
- 01.26 0:46 A Hold maximális librációja ( $l = 5,64^\circ$ ,  $b = 6,56^\circ$ )
- 01.26 1:37 A Hold mögül kilép a 83 Virginis ( $5,6^m$ , 55%-os, csökkenő holdfázis)
- 01.26 5:07 A Vénusz  $1,7^\circ$ -ra megközelíti az M9 gömbhalmazt
- 01.26 12:57 Utolsó negyed (Hold a Virgo csillagképben)
- 01.29 0:57 A Hold keleti librációja ( $l = 6,79^\circ$ )
- 01.29 8:04 A Hold eléri legkisebb deklinációját  $-25,0^\circ$ -nál (22%-os, csökkenő holdfázis)
- 01.30 5:16 A 14%-os, csökkenő fázisú Holdtól  $4,4^\circ$ -ra északra látható a Vénusz
- 01.31 5:11 A 8%-os, csökkenő fázisú Hold  $26'$ -re megközelíti az M22 gömbhalmazt a Sagittarius csillagképben



## Üstökösök

**103P/Hartley 2.** A földsúroló üstökösök csoportjába tartozó égitestet Malcolm Hartley fedezte fel 1986. március 15-én az ausztráliai Siding Spring Observatóriumból. Fényessége 1991-ben és 1998-ban is elérte a 8 magnitúdót, így hazánkban is sokan látták már. Korábban azért nem fedezték fel, mert a Földhöz közeli pályájára csak 1971-ben került, amikor Jupitert 0,085 CSE-re megközelítette. Minden korábbi láthatóságát felülmúlta tavaly októberi földközelsége, melynek során szabad szemmel is látható lett. A távolodó és gyorsan halványodó üstökös január első felében a Canis Maior északkeleti felében, a Siriustól 6–8 fokkal keletre látható, majd észak felé haladva a hónap végén átkerül a Monocerosba. A 9,5 és 12 magnitúdó között halványodó kométa a hónap folyamán több nyílthalmazt is megközelít: január 4., NGC 2360, 50', DNy; január 16., NGC 2345, 12', Ny; január 24., NGC 2343, 52', Ny; január 26., NGC 2335, 32', Ny.

103P/Hartley 2

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	$\Delta$ (CSE)	r (CSE)	E (°)	$m_v$ (m)
01.01.	07 18 12	−16 57 04	0,466	1,370	139	9,6
01.06.	07 14 12	−15 56 42	0,502	1,411	141	10,0
01.11.	07 10 44	−14 44 15	0,540	1,452	143	10,4
01.16.	07 07 55	−13 23 06	0,582	1,494	144	10,8
01.21.	07 05 53	−11 56 26	0,627	1,537	144	11,2
01.26.	07 04 39	−10 26 58	0,676	1,581	144	11,6
01.31.	07 04 14	−08 56 54	0,729	1,625	142	12,0
02.05.	07 04 38	−07 28 12	0,786	1,669	141	12,4
02.10.	07 05 49	−06 02 27	0,847	1,714	138	12,8
02.15.	07 07 44	−04 40 50	0,912	1,758	136	13,2
02.20.	07 10 19	−03 24 09	0,980	1,803	133	13,6
02.25.	07 13 31	−02 12 51	1,052	1,847	130	13,9

## Kisbolygók

**(3) Juno.** Carl Ludwig Harding fedezte fel 1804. szeptember 1-jén, a Johann Schröter magánobszervatóriumában tett látogatása során. Számos nagyobb kisbolygót csak jóval később találtak meg, ám a Juno nagy fényviszaverő képessége és szokatlanul excentrikus pályája miatt korán horogra akadt. Bár átlagos naptávolsága 2,6 CSE, napközelsége idején – ekkor fedezte fel Harding is – 2,0 CSE-re megközelíti központi csillagunkat. Ilyenkor az átlagos 8,7 magnitúdó helyett akár 7,5 magnitúdóig is kifényesedhet. Az idei viszont átlagos szembenállás lesz, melynek során a Juno az égi egyenlítő környékén fog mozogni. A Virgo és a Leo határánál stacionárius pontjában forduló aszteroida 10 és 9,5 magnitúdó között fényesedik majd, miközben egy hónap alatt csak 1,6 fokot tesz meg az égen.

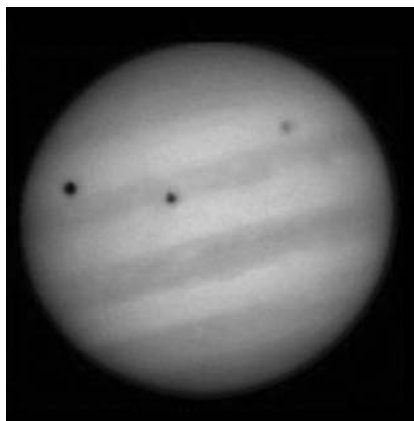
**(7) Iris.** A tíz kisbolygót azonosító John Russell Hind első felfedezése volt ez a 200–220 km átmérőjű égitest. A kisbolygó érdekessége szokatlanul nagy, 27%-os fényviszaverő képessége, melyet a fém, magnézium- és vas-szilikátok keverékéből álló felszín

okoz. A kisbolygó spektruma hasonlít az L és LL kondrit meteoritokéra, így lehetséges, hogy ez a kisbolygó az egyik forrásuk, amit pályahelyzete is lehetővé tesz. Idén az átlagosnál kicsit kedvezőbb láthatósága lesz, a hónap végén fényessége meghaladja a 8 magnitúdót. A nyugat felé mozgó kisbolygót a Cancer csillagképben kell keresni, 16-án hajnalban az 5,6 magnitúdós 27 Cancritól 22 ívperccel keletre lesz látható.

(23) **Thalia**. Január végén kerül szembenállásba a Lynx déli részén északnyugat felé mozgó kisbolygó, ekkor fényessége eléri a 9,1 magnitúdót. Január 22-én este a 32–33 Lyncis csillagpártól 1 fokkal délre fog elhaladni.

(44) **Nysa**. A keleti stacionárius pontját elhagyó égitest egyre gyorsuló, nyugati irányú mozgást végez a Leo csillagképben, néhány fokkal nyugatra a Regulustól. Idén alig két héttel perihéliuma előtt kerül szembenállásba, így a lehető legnagyobb fényesség mellett észlelhetjük. Január 13-án keresztezi az ekliptikát a  $\nu$  Leonis közelében, 23-án este pedig a 6,4 magnitúdós 23 Leonistól 20 ívperccel északra kell keresni. Fényessége 9,8 és 9,2 magnitúdó között növekszik.

### Január 3. 19:10 Két Jupiter-hold (Io és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján

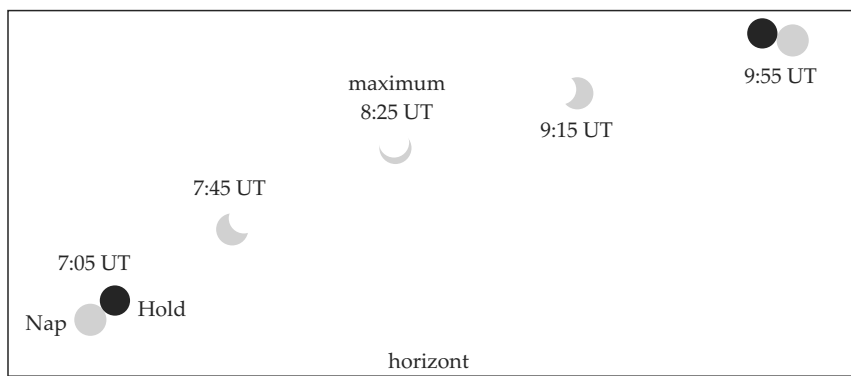


*A Ganymedes, Io és Callisto árnyéka látszik a Jupiter korongján 2004. 03. 28-án 4:25 UT-kor. Jim Thommes fotója 20 cm-es SC távcsővel készült.*

Az új év harmadik estéjén, ha derült egünk lesz, a Jupiter holdjai ismét bámulatos bemutatót tartanak. 19:10 és 19:24 UT között két hold, a Ganymedes és az Io árnyéka látszik a bolygókorongon, miközben az Io korongja is a Jupiterére vetülve látható. Az árnyékok ki és belépése a bolygó gömb alakja és a peremsötétedés miatt nehezen látható, ám a bolygókorongon már könnyen észrevehetőek a nagy, fekete foltok. Az árnyékok CM átmenetének méréséhez használjunk nagy nagyítást. Az Io fényes korongját szintén csak nagyítással vehetjük észre a bolygó előtt. Érdeemes kihasználni a ritka lehetőséget még a Jupiter láthatóságának vége előtt. A bolygó kényelmes, 31 fokok magasságban lesz látható a Halak csillagképben.

### Részleges napfogyatkozás január 4-én

Az év rögtön egy részleges napfogyatkozással kezdődik, mely Észak-Afrikából, Európából, a Közel-Keletről és Ázsia középső régióiból látható. Magyarországról nézve kevéssel napkelte után kezdődik, és 10 óra előtt ér véget. A félárnyék Algéria északi részén érinti először a Földet, 6:40:11-kor. Nyugat-Európában napkeltekor már zajlik a



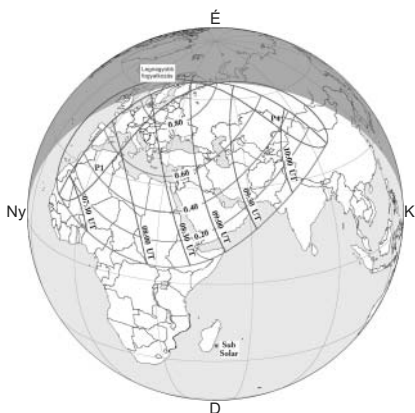
A január 4-i részleges napfogyatkozás (a Nap mérete égi útjához képest háromszorosára nagyítva).

fogyatkozás, remek lehetőséget adva látványos fotók készítésére. A fogyatkozás maximuma idején, 8:50:35-kor a Nap Svédország északi részén pontosan a horizonton látszik, a fogyatkozás nagysága ott 0,858 magnitúdó. E pillanatban a Hold árnyékkúpjának tengelye alig 510 kilométerre van a földfelszín felett. Ezután a félárnyék lassan levonul a földgömből, és Oroszország közepén, Kazahsztánban, Mongóliában, valamint Kína északnyugati részén csorbult napnyugtát lehet megfigyelni. A fogyatkozás 11:00:54-kor ér véget, amikor a félárnyék elválík a bolygófelszíntől.

Magyarországról legutóbb 2008. augusztus 1-jén láthattunk részleges napfogyatkozást, így fokozott várakozás előzi meg ezt az eseményt. Budapestről nézve a fogyatkozás 7:04:35-kor kezdődik. A fogyatkozás közepén, 8:27:22-kor a fogyatkozás nagysága 0,778 magnitúdó, azaz a napkorong több mint háromnegyede takarásban van, ami a napfény észrevehető csökkenésében is megnyilvánul. A Nap ekkor még nincs  $13^\circ$  magasan a horizont felett. A fogyatkozásnak 9:57:26-kor van vége számunkra. Néhány magyarországi nagyvárosra érvényes kontaktusadatokat a következő oldali táblázat tartalmazza.

A Nap–Hold páros a Nyilas csillagkép keleti felében tartózkodik, a Hold felszálló csomója közelében. A Hold 5,87 nap múlva lesz földközeli, így látszó mérete teljesen átlagos:  $30,61'$ . A Föld fél napja volt napközben, így a Nap látszólagos mérete maximális, átmérője  $32,53'$ . A kettő különbsége  $1,92'$  – vagyis akkor is csak gyűrűs napfogyatkozás lenne megfigyelhető, ha a Hold árnyéka érintené a Földet.

Ez a fogyatkozás a 151-es Szárossorozat 14. napfogyatkozása a 72-ből.

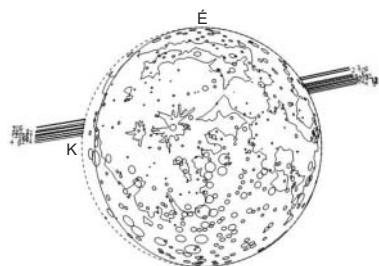


Részleges napfogyatkozás 2011. január 4-én  
magyarországi adatok

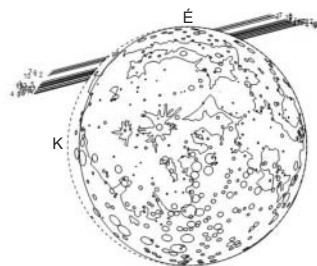
helység	Long. ° ' "	Lat. ° ' "	1. kontaktus				Max. fázis				4. kontaktus				Mag
			U.T.		PA	Alt	U.T.		Alt	U.T.		PA	Alt		
			h	m s			h	m s		h	m s				
Budapest	19 5	47 35	7 4	41 273	4	8 27	29 13	9 57	34 66	19	0,778				
Debrecen	21 35	47 35	7 7	20 273	5	8 31	35 14	10 2	31 66	19	0,781				
Győr	17 35	47 45	7 3	44 274	3	8 25	44 12	9 55	13 67	18	0,777				
Kaposvár	17 45	46 25	7 1	56 275	3	8 24	9 13	9 54	13 66	20	0,765				
Kecskemét	19 45	46 55	7 4	30 274	4	8 27	47 14	9 58	23 66	20	0,773				
Miskolc	20 45	48 5	7 7	18 272	5	8 30	58 13	10 1	22 66	19	0,786				
Nyíregyháza	21 45	47 55	7 8	2 272	5	8 32	14 14	10 2	59 66	19	0,785				
Paks	18 55	46 35	7 3	18 274	4	8 26	8 14	9 56	33 66	20	0,769				
Pécs	18 15	46 5	7 1	56 275	4	8 24	27 14	9 54	48 66	20	0,763				
Salgótarján	19 45	48 5	7 6	21 273	4	8 29	30 13	9 59	36 66	19	0,784				
Sopron	16 35	47 45	7 2	50 274	2	8 24	13 12	9 53	15 67	18	0,775				
Szeged	20 5	46 15	7 3	59 274	5	8 27	37 15	9 58	40 65	20	0,768				
Székesfehérvár	18 25	47 15	7 3	43 274	3	8 26	13 13	9 56	12 66	19	0,774				
Szekszárd	18 45	46 25	7 2	46 274	4	8 25	32 14	9 56	0 66	20	0,766				
Szombathely	16 35	47 15	7 2	12 274	2	8 23	40 12	9 52	53 66	19	0,771				
Tatabánya	17 55	47 35	7 3	48 274	3	8 25	58 12	9 55	36 66	19	0,776				
Veszprém	17 55	47 5	7 3	7 274	3	8 25	20 13	9 55	10 66	19	0,772				
Zalaegerszeg	16 55	46 55	7 1	50 275	3	8 23	27 12	9 52	55 66	19	0,767				

**Január 17/18. 1, 3, 4, 6, η Gem fedése**

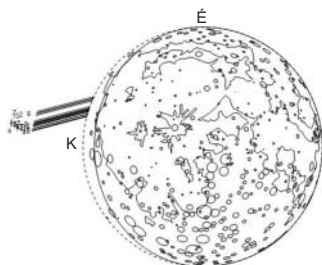
Ezen a januári éjszakán a Hold az Ikrek (Gemini) jobb lábára „gázol”, összesen öt fényes csillagot takar el. Ez a sorozat ígérkezik – derült ég esetén – az év egyik leglátványosabb fedéssorozatának. Először, 20:55 UT-kor (Budapest) az 1 Gem (= ZC 916) tűnik el, majd 22:08-as kilépése után, 22:35-kor belép a 3 Gem (= ZC 929). Ahogy 00:06-kor előbukkant a 3 Gem, 00:22-



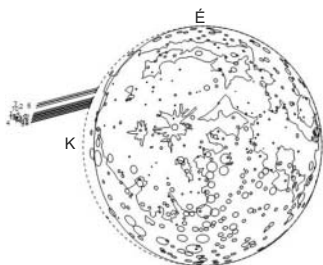
Az 1 Geminorum fedése 2011. január 17-én.



A 3 Geminorum fedése 2011. január 17-én.

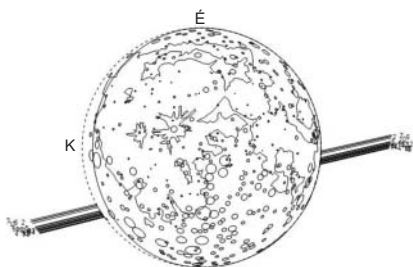


A 4 Geminorum fedése 2011. január 17-én.



A 6 Geminorum fedése 2011. január 17-én.

kor takarásba kerül a 4 Gem (= ZC 931). A 6 Gem (= ZC 942 = BU Gem) okkultációjára 01:16-kor kerül sor, majd a jelenségsorozatot 02:25-kor a 3,5<sup>m</sup>-s Propus (η Gem = ZC 946) fedése zárja. Mivel egy kivétellel (a 6 = BU Gem) az összes csillag kettős, illetve többes rendszer, az eltűnés előtt esetleg rövid elhalványulást is tapasztalhatunk. Az η Gem vizuálisan is felbontható rendszer, 3,5 és 6,3<sup>m</sup>-s tagjait 1,6'' választja el. Érdeemes tehát a sorozat egy-két fedését, vagy az egészet távcsövünkkel végigkövetni.

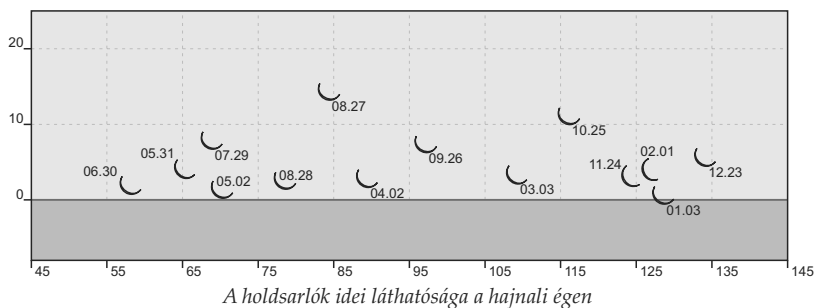
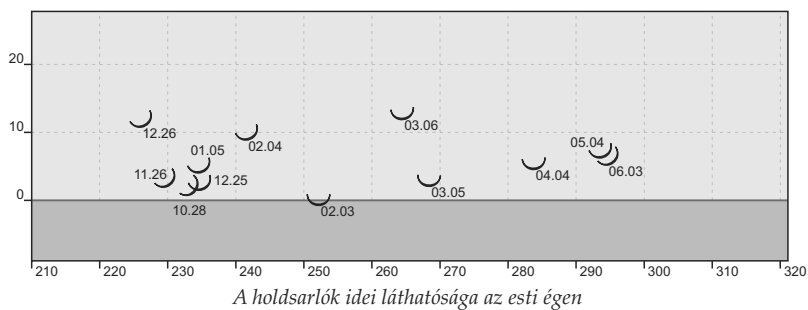


Az η Geminorum fedése 2011. január 17-én.

### A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
1	6	16	13	3	be	163957	8,0	5 + 11	57	É	36	+0,3 +0,2
1	7	16	16	59	be	164565	8,2	10 + 20	64	É	40	+0,6 +0,3
1	7	16	29	2	be	164574	8,9	10 + 19	52	D	104	+1,5 -2,2
1	7	17	50	42	be	145607	8,3	10 + 7	57	É	33	+0,1 +0,4
1	8	16	47	32	be	3290	7,3	17 + 26	79	É	54	+0,9 -0,1
1	9	18	56	14	be	3410	7,6	25 + 18	73	D	81	+0,7 -1,3
1	10	17	52	12	be	3517	7,7	33 + 36	30	É	5	+0,3 +3,0
1	10	19	22	25	be	3524	6,9	34 + 23	17	D	137	+1,6 -7,8
1	14	16	28	56	be	75708	8,0	71 + 56	47	D	118	+2,2 -0,5
1	14	18	16	40	be	452	7,7	72 + 64	46	É	32	+1,3 +2,7
1	14	20	30	23	be	459	6,4	72 + 52	46	D	120	+1,4 -2,6
1	14	23	28	25	be	472 ζ Ari	4,9	73 + 24	72	D	94	+0,3 -1,6
1	15	15	55	22	be	582 32 Tau	5,6	80 + 45	51	D	119	+1,6 +0,2
1	15	22	51	44	be	76475	7,7	81 + 40	81	É	72	+1,0 -0,8





Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
1 15	22	51	50	be	612	7,6	81 +	40	81 É	72	+1,0	-0,8
1 16	17	45	46	be	742 99 Tau	5,8	88 +	55	46 É	41	+0,8	+3,0
1 16	21	30	8	be	76942	7,8	89 +	61	50 D	125	+1,4	-2,2
1 16	21	35	7	be	76947	7,7	89 +	61	68 É	63	+1,7	+0,4
1 16	21	44	21	be	76952	7,2	89 +	59	86 D	90	+1,5	-0,8
1 17	17	54	42	be	77785	7,6	94 +	47	60 D	120	+1,3	+0,1
1 17	19	15	17	be	77842 NSV 16754	7,4	94 +	58	83 É	83	+1,5	+1,0
1 17	20	55	35	be	916 1 Gem	4,3	95 +	66	78 É	78	+1,8	+0,6
1 17	22	8	6	ki	916 1 Gem	4,3	95 +	62	-59 É	301	+1,3	-1,7
1 18	0	6	25	be	929 3 Gem	5,8	95 +	47	49 É	49	+1,8	+0,6
1 18	0	22	45	be	931 4 Gem	6,9	95 +	44	70 É	70	+1,3	-0,6
1 18	1	15	39	be	942 6 Gem	6,5	95 +	36	66 É	66	+1,0	-0,7
1 18	2	25	14	be	X 85102	6,1	96 +	24	58 D	122	+0,0	-1,9
1 18	2	25	15	be	946 η Gem	3,5	96 +	24	58 D	122	+0,0	-1,9
1 18	3	17	45	ki	946 η Gem	3,5	96 +	15	-86 D	265	+0,0	-1,2
1 18	19	52	40	be	79005	7,7	99 +	54	88 D	92	+1,4	+0,8
1 20	19	58	22	ki	1344	6,5	98 -	32	76 D	288	+0,8	+0,7

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
1 21	1	2	40	ki	98382	7,3	98 – 52		59 D	271	+1,7	-0,6
1 21	19	56	29	ki	1457	6,8	94 – 19		74 É	315	+0,5	+0,0
1 22	4	53	55	ki	118150	7,3	92 – 23		49 D	259	+0,8	-1,2
1 22	22	47	45	ki	1587 55 Leo	5,9	87 – 31		43 D	251	+1,6	+2,2
1 23	2	10	10	ki	118620	7,3	86 – 42		77 D	286	+1,6	-0,7
1 23	3	1	51	ki	118629	7,6	85 – 39		85 É	304	+1,2	-1,3
1 23	3	9	3	ki	1605	6,0	85 – 39		32 É	357	+0,1	-2,7
1 23	23	36	49	ki	1713	5,6	77 – 26		76 D	283	+1,1	+0,7
1 26	1	37	12	ki	1967 83 Vir	5,6	55 – 18		23 É	358	-0,5	-2,2
1 27	5	15	17	ki	2108	6,6	42 – 21		26 D	223	+2,9	+1,6
1 28	2	5	36	ki	2227	5,8	33 – 3		85 É	287	+0,6	+0,9
1 28	2	22	3	ki	183654	7,2	33 – 5		49 É	323	+0,2	+0,0
1 28	2	47	6	ki	2235	6,3	32 – 8		63 É	309	+0,6	+0,4
1 28	4	4	16	ki	183712	7,9	32 – 15		50 É	322	+0,8	-0,2

## Évforduló

### 400 éve született Johannes Hevelius

Johannes Hevelius 1611. január 28-án látta meg a napvilágot Danzigban (ma Gdańsk), egy Csehországból elszármazott, jómódú, német anyanyelvű család sarjaként. A gimnáziumban az akkoriban híres matematikus, csillagász és polihisztor Peter Crüger tanítványaként ismerkedett meg a csillagászattal. Crüger tanította meg a gravírozásra, lencsecsiszolásra és távcsőmechanika konstrukciójára is. 1630-ban jogtudományokat tanul Leidenben, majd Angliába és Franciaországba utazik, ahol Gassendival, Merenne-nel és Kircherrel is találkozik. Négy évvel később visszatér szülővárosába, ahol letelepszik. Bár a városi serfőző céhet is vezeti, és a település irányításában is vezető szerepet tölt be, fő érdeklődése 1639-től kezdve mégis a csillagászatra összpontosul. A következő két évben egymáshoz kapcsolódó három házának tetején kialakítja saját obszervatóriumát. Pompás műszereket használt, köztük mivesen kidolgozott kvadránst és a kor legnagyobb távcsöveit, ami ekkoriban a leghosszabb fókuszú refraktorokat jelentette. Állítólag Huygens Szaturnusz-észlelései inspirálták egyre jobb távcsövek, előbb egy 18, majd egy 21 m hosszúságú megépítésére. Sternenburgnak nevezett csillagvizsgálója Európa-szerte híressé vált, így 1664-ben első német (és lengyel) tagként a Királyi Csillagászati Társaság (Royal Astronomical Society) tagjai sorába fogadja.

Kora legnagyobb (46 m hosszú), zárt, fatubusú távcsövét a város határában állították fel, nagy ünnepség keretében. A kilométerekről látható, hatalmas oszlopra kötelekkel felfüggesztett távcső a város látványosságai közé tartozott. Sok segéderő közreműködésével lehetett észlelni vele, és tekintve, hogy igen nagy nagyításokra volt képes, csak a legjobb éjszakákon lehetett használni – de csak szélcsendben, mivel a legkisebb légmozgás is úgy belengette a hosszú tubust, hogy nem lehetett látni semmit benne. A tengerparti város levegőjének gyakran és gyorsan változó páratartalma miatt a fatubus tor-



kel és kvadránssal. Jelentős szerepet játszott a pontos ingaóra továbbfejlesztésében, ennek köszönhetően vált lehetővé perc pontosságú időadatok rögzítése is a szögmérések mellé. Legfontosabb eredményei közé sorolhatjuk a Hold első pontos feltérképezését. 1642–45 között napfoltokat is észlelt, a Mira Ceti fényváltozásait huzamosabb ideig követte, valamint a Szaturnusz különös alakját is tanulmányozta. Négy üstököst fedezett fel szabad szemmel: 1652-ben, 1661-ben (ez valószínűsíthetően az eddig ismert leghosszabb periódusú, legalább kétszer megfigyelt üstökös, a 153P/Ikeya-Zhang korábbi visszatérése volt), 1672-ben és 1677-ben. Ezek megfigyelése vezette arra a meg-



*Hevelius 1647-ben publikált holdtérképe.*

zult, ezért sűrűn kellett újraállítani a műszert. Halley, aki 1679 májusában meglátogatta Hevelius, szinte teljesen használhatatlannak minősítette az óriási refraktort. Ezzel Hevelius is tisztában volt, és időt, pénzt nem sajnálva dolgozott azon, hogy egy ideális „torony” csillagvizsgálót hozzon létre, amely magában foglalhatja óriás távcsöveit is. Műszereinek leírását az 1673-ban kiadott *Machina Coelestis* című munkájában találhatjuk meg. Könyveit egyébként saját költségén maga nyomta, házi nyomdájában, sőt gyakran a nyomólemezeket is maga gravírozta. Hevelius távcső nélküli észleléseket is végzett, például a Crüger által készített pontos kvadráns tökéletesített példányával. Bár Halley erősen bírálta őt ezért, Heveliusnál tett látogatása során meggyőződött arról, hogy a lengyel milyen jól tud dolgozni pusztán irányzékos szögmérők-

állapításra, hogy a kométák a Nap körül parabolapályán keringenek. Tíz új csillagképet formált meg és nevezett el, ezekből hét a mai napig használatban van (például a Scutum – „Sobieski pajzs”). Második felesége, Elisabetha mindenben támogatta őt, még az észlelésekben is segédkezett. Sokan őt tekintik az első női csillagásznak.

Sajnos eredeti berendezéseinek és könyveinek nagy része az 1679. szeptember 26-i tűzvészben megsemmisült. Elpusztult műszerei emlékére alkotta meg a Szextáns csillagképet. Az év végére Halleytől új könyveket és lencséket kapott. Bár azonnal nekifogott a helyreállításnak, és az 1680. évi nagy üstököst már észlelte

is, de egészsége nagyon megrendült. Fáradhatatlan lelkesedése ugyan nem csökkent, de az új obszervatórium meg sem közelítette az egykori Sternenburg jelentőségét. A sors szeszélyéből kifolyólag pontosan a 76. születésnapján hunyt el. Halála után odaadó felesége még megjelentette korábban kiadatlan észleléseit, csillagkatalógusát és a csillagképek atlaszát – *Prodromus Astronomiae* összefoglaló címen (1690). Emlékét egy 106 km átmérőjű holdkráter és az 5703-as sorszámú főövbeli kisbolygó őrzi.

### A Hevelius kráter

A Hevelius kráter a hatalmas Oceanus Procellarum nyugati szélén fekszik a Holdon, nagyjából 100 km-re az első sikeres sima leszállást végrehajtó űrszonda, a Luna 9 landolási helyétől. A kráter átmérője 106 kilométer, falai meglehetősen romosak, lepusztultak. Ezen nincs is mit csodálkozni, hiszen a Hevelius legalább 3,8 milliárd éves alakzat. A sáncfal legmagasabb pontja 1800 méterrel emelkedik környezete fölé. A ferde rálátás miatt alakja erősen elliptikus, de még így is szépen látszanak a nyugati sáncfalra települt másodlagos kráterek. A kráter aljának északnyugati felén egy közel 10 kilométeres kis krátert láthatunk, a Hevelius



*A Hevelius kráter Bucsí Gábor felvételén.*

A-t. Ezt a kis másodlagos krátert még a legkisebb távcsövekben is könnyen azonosíthatjuk. Ha a légköri viszonyok megfelelőek, és legalább 10–15 centiméter átmérőjű, kiváló optikájú műszerrel rendelkezünk, akkor a finomabb részleteket is megpillanthatjuk. A kráter aljának centrumában egy apró központi csúcs található. Ettől a kis „hegytől” délre húzódnak a Hevelius-rianás bonyolult, egymást keresztező ágai. Ha a napsugarak nagyon kis szögben érik a kráter alját, jó esélyünk van a központi csúcstól délre fekvő dóm megpillantására is. A Hevelius kráter megtalálása nem okozhat gondot még a semmiféle észlelői tapasztalattal nem rendelkező amatőrcsillagászok számára sem. Telehold előtt két nappal érdemes a nyomába eredni. Szerencsére a Hevelius egy feltűnő „kráternégyes” második legnagyobb tagja. A négy kráter nagyjából egy holdrajzi hosszúságon fekszik. Legdélebbi és egyben a legfeltűnőbb a 230 kilométeres, sötét színű, bazaltos lávával feltöltött aljzatú Grimaldi. Tőle északra egy kisebb, 31 kilométeres krátert találunk, a Lohrmannt. A Lohrmanntól északra fekszik a Hevelius kráter, melynek közvetlen északi szomszédja a fiatalos megjelenésű Cavalerius.

## Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	17: 2,3	Callisto	mk
	18:51,7	Callisto	mv
2	20:31,6	Io	mk
3	16:36,6	Ganymedes	ák
	17:51,8	Io	ek
	19: 9,7	Io	ák
	19:23,6	Ganymedes	áv
	20: 6,5	Io	ev
	21:22,7	Io	áv
4	18:32,8	Io	fv
	20: 4,3	Europa	mk
5	15:51,8	Io	áv
6	17: 0,8	Europa	ák
	17:12,1	Europa	ev
	19:40,7	Europa	áv
10	18:32,1	Ganymedes	ev
	19:50,7	Io	ek
	20:39,2	Ganymedes	ák
	21: 5,7	Io	ák
11	16:59,6	Io	mk
	20:28,3	Io	fv
12	16:35,1	Io	ev
	17:47,7	Io	áv
13	17:10,2	Europa	ek
	19:37,5	Europa	ák
	19:54,9	Europa	ev

nap	UT h:m	hold	jelenség
15	17:24,2	Europa	fv
17	19:43,0	Ganymedes	ek
18	18:58,8	Io	mk
19	16:20,2	Io	ek
	17:30,6	Io	ák
	18:34,8	Io	ev
	19:43,6	Io	áv
20	16:52,6	Io	fv
	19:54,5	Europa	ek
21	17:15,6	Ganymedes	fv
22	20: 2,0	Europa	fv
26	18:20,5	Io	ek
	19:26,5	Io	ák
27	18:48,1	Io	fv
28	17: 7,1	Ganymedes	mv
	18:32,2	Ganymedes	fk
29	17:46,7	Europa	mk
31	16:49,7	Europa	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

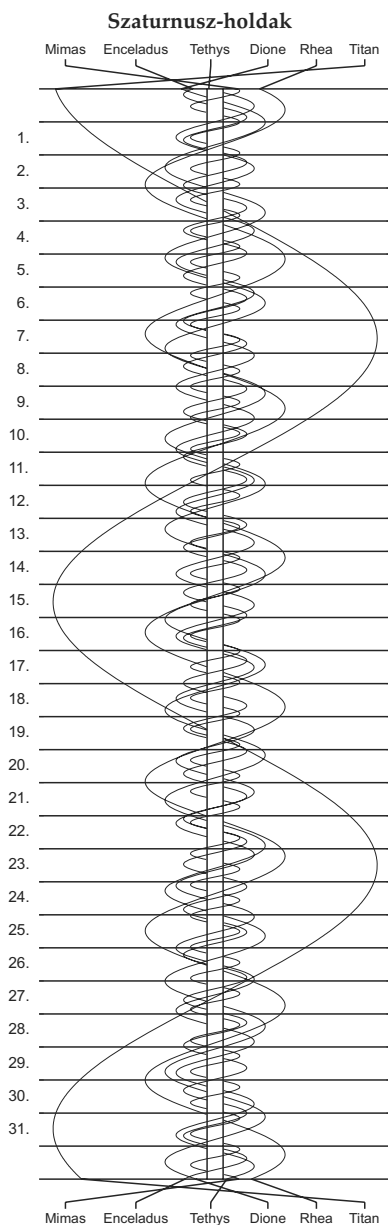
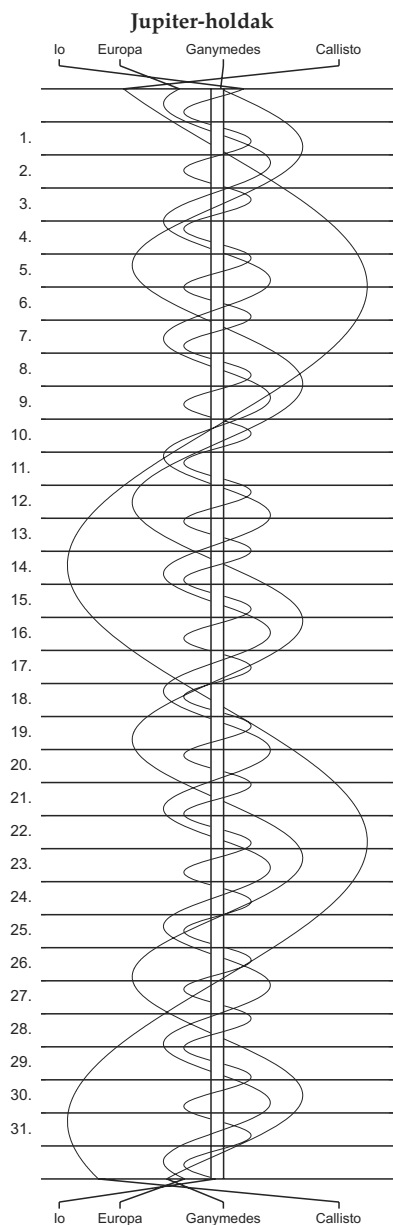
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége



## Meteorrajok

**Quadrantidák.** A minden évben visszatérő meteorrajok közül ez a legintenzívebb, legtöbb hullócsillagot adó áramlat, ám január eleji jelentkezése miatt csak a legelszántabb meteorészlelők szokták megfigyelni maximumait. Pedig megéri a beöltözést, hiszen a ZHR átlagos nagysága (az egy személy által ideális esetben egy óra alatt látható meteorok száma) eléri a 80–100-at, de egyes években a 150-et is meghaladhatja. Aki megvárja a hajnali órákat, akár 50–60 meteort is megfigyelhet egy óra alatt. Az idei maximum újhold napján, január 4-én hajnalban várható, ami számunkra ideális helyzet teremt a raj megfigyelésére. A rádiáns hajnalban már magasan jár az égen, a holdfény pedig nem zavarja a halványabb meteorok megpillantását, ami az aktivitás fő részét adja. A Quadrantidák maximuma annyira látványos jelenség, hogy rossz idő esetén akár kisebb expedíciók szervezése is megéri a környező országok magasabb hegyeibe.

A rajt 1825-ben fedezte fel Antonio Brucalassi, radiánsa a Bootes csillagképben van. Azért nevezték el Quadrantidáknak, mert a 19. században némely csillagatlásban a Hercules, Bootes és Draco csillagképek között volt még egy konstelláció, melyet Quadrans Muralisnak neveztek. A mai csillagtérképeken már nem jelölik, területe beolvadt a szomszédos csillagképekbe. A legutóbbi évekig úgy gondolták, hogy a Quadrantidák egy régi, pályáján nagyon szétszóródott áramlat. A néhány évvel ezelőtt újra elvégzett analízis eredményeként ma már inkább egy fiatal, körülbelül 500 éves rajnak tekintik. Ez azt jelenti, hogy a meteoroid részecskék keletkezésért felelős szülőobjektum még mindig a törmelék között található. Jelenleg úgy gondoljuk, hogy ez az égitest a 2003 EH1 jelű kisbolygó, melyet 1490/91 telén még fényes, földközeli üstökösként figyeltek meg távol-keleti csillagászok. Bár jelenleg a kisbolygó pályája nem metszi a földpályát, fél évszázaddal ezelőtt még ez volt a helyzet. Azóta a Jupiter perturbációi megváltoztatták az aszteroida mozgását, de a tőle eltávolodó porszemcsék még mindig keresztezik bolygónk pályáját.



*Quadrantida meteorok 2010. január 3/4-e éjszakáján. A montázst Igaz Antal és Morvai Anikó videofelvételei alapján Bezák Tibor készítette.*

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – február**

KÖZEI

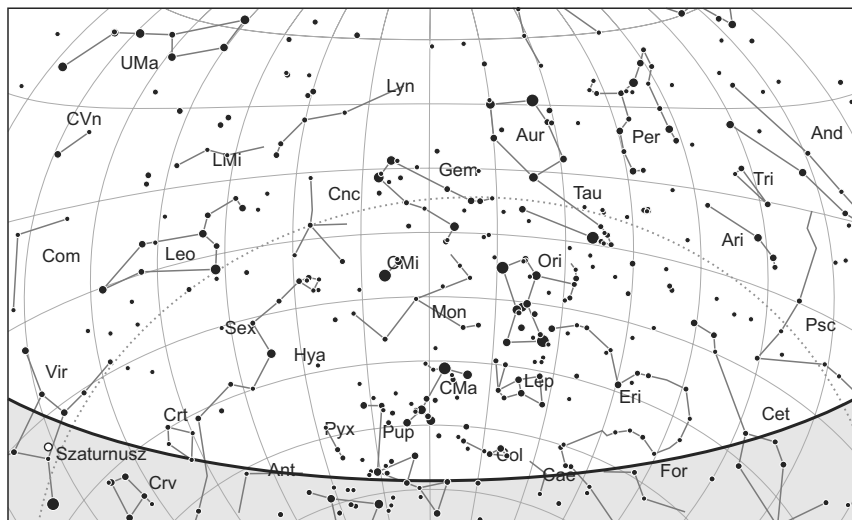
Dátum	Nap					Hold			fázis
	kel	delel	nyugszik	$h_d$	$E_t$	kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m	h m
1. k 32.	7 10	11 57	16 45	25,4	-13,5	6 03	10 36	15 16	● 3 31
2. sz 33.	7 09	11 57	16 46	25,7	-13,6	6 32	11 24	16 23	
3. cs 34.	7 08	11 57	16 48	26,0	-13,8	6 57	12 08	17 30	
4. p 35.	7 06	11 58	16 49	26,3	-13,9	7 18	12 51	18 34	
5. sz 36.	7 05	11 58	16 51	26,6	-14,0	7 38	13 32	19 38	
6. v 37.	7 04	11 58	16 53	26,9	-14,0	7 56	14 13	20 41	
6. hét									
7. h 38.	7 02	11 58	16 54	27,2	-14,1	8 15	14 53	21 44	☉ 8 18
8. k 39.	7 01	11 58	16 56	27,5	-14,2	8 35	15 35	22 48	
9. sz 40.	6 59	11 58	16 57	27,8	-14,2	8 57	16 19	23 53	
10. cs 41.	6 58	11 58	16 59	28,1	-14,2	9 24	17 05	–	
11. p 42.	6 56	11 58	17 00	28,5	-14,3	9 56	17 55	0 58	
12. sz 43.	6 54	11 58	17 02	28,8	-14,3	10 37	18 47	2 01	
13. v 44.	6 53	11 58	17 04	29,1	-14,2	11 28	19 43	3 01	○ 9 36
7. hét									
14. h 45.	6 51	11 58	17 05	29,5	-14,2	12 30	20 40	3 55	
15. k 46.	6 50	11 58	17 07	29,8	-14,2	13 42	21 37	4 42	
16. sz 47.	6 48	11 58	17 08	30,2	-14,1	15 00	22 34	5 20	
17. cs 48.	6 46	11 58	17 10	30,5	-14,1	16 22	23 29	5 53	
18. p 49.	6 45	11 58	17 11	30,9	-14,0	17 45	–	6 21	● 0 26
19. sz 50.	6 43	11 58	17 13	31,2	-13,9	19 08	0 24	6 47	
20. v 51.	6 41	11 57	17 14	31,6	-13,8	20 31	1 17	7 12	
8. hét									
21. h 52.	6 39	11 57	17 16	31,9	-13,7	21 53	2 11	7 38	
22. k 53.	6 38	11 57	17 18	32,3	-13,6	23 12	3 05	8 07	
23. sz 54.	6 36	11 57	17 19	32,6	-13,5	–	4 00	8 40	● 0 26
24. cs 55.	6 34	11 57	17 21	33,0	-13,3	0 28	4 56	9 19	
25. p 56.	6 32	11 57	17 22	33,4	-13,2	1 37	5 53	10 07	
26. sz 57.	6 30	11 57	17 24	33,8	-13,0	2 36	6 49	11 02	
27. v 58.	6 29	11 56	17 25	34,1	-12,9	3 25	7 42	12 03	
9. hét									
28. h 59.	6 27	11 56	17 27	34,5	-12,7	4 04	8 33	13 09	



## február

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 594	8 43 25	Ignác, Brigitta, Kincső
2.	2 455 595	8 47 21	Karolina, Aida, Johanna, Mária
3.	2 455 596	8 51 18	Balázs, Oszkár
4.	2 455 597	8 55 15	Ráhel, Csenge, András, Andrea, Róbert, Veronika
5.	2 455 598	8 59 11	Ágota, Ingrid, Agáta, Alida, Etelka, Kolos
6.	2 455 599	9 03 08	Dorottya, Dóra, Amanda, Dorina, Dorka, Réka
7.	2 455 600	9 07 04	Tódor, Rómeó, Richárd
8.	2 455 601	9 11 01	Aranka, János, Zsaklin
9.	2 455 602	9 14 57	Abigél, Alex, Apollónia, Erik, Erika
10.	2 455 603	9 18 54	Elvira, Ella, Pál, Vilmos
11.	2 455 604	9 22 50	Bertold, Marietta, Dezső, Elek, Mária, Titanilla
12.	2 455 605	9 26 47	Livia, Lídia, Lilla
13.	2 455 606	9 30 44	Ella, Linda, Gergely, Gergő, Katalin, Leila, Levente
14.	2 455 607	9 34 40	Bálint, Valentin
15.	2 455 608	9 38 37	Kolos, Georgina, Alfréd, Gina, Györgyi
16.	2 455 609	9 42 33	Julianna, Lilla, Dániel, Illés, Sámuel
17.	2 455 610	9 46 30	Donát, Alex, Elek
18.	2 455 611	9 50 26	Bernadett, Simon
19.	2 455 612	9 54 23	Zsuzsanna, Eliza, Elizabet
20.	2 455 613	9 58 19	Aladár, Álmos, Elemér, Leona
21.	2 455 614	10 02 16	Eleonóra, György, Leona, Leonóra, Nóra, Péter
22.	2 455 615	10 06 13	Gerzson, Gréta, Margit, Pál, Péter
23.	2 455 616	10 10 09	Alfréd, Ottó, Péter
24.	2 455 617	10 14 06	Mátyás, Darinka, Hedvig, János
25.	2 455 618	10 18 02	Géza, Vanda
26.	2 455 619	10 21 59	Edina, Alexander, Géza, Győző, Izabella, Sándor, Viktor
27.	2 455 620	10 25 55	Ákos, Bátor, Antigóné, Gábor, László
28.	2 455 621	10 29 52	Elemér, Antónia

3. A kínai naptár 4748. évének kezdete



*A déli égbolt február 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap elején még megkísérelhető felkeresése napkelte előtt a keleti ég alján. Ezután elvész a kelő nap sugaraiban, és márciusig nem is lesz látható. 25-én kerül felső együttállásba a Nappal.

**Vénusz:** Fényesen ragyog a hajnali égen. A hónap elején három, a végén bő két órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-4,3^m$ -ról  $-4,1^m$ -ra, átmérője  $19,5''$ -ről  $15,9''$ -re csökken, fázisa  $0,61$ -ről  $0,71$ -ra nő.

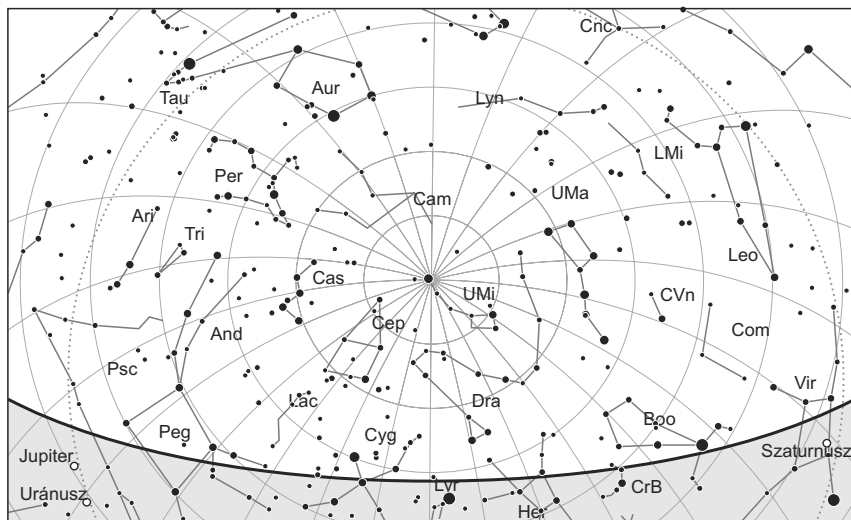
**Mars:** Előretartó mozgást végez a Bak, majd a Vízöntő csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 4-én együttállásban van a Nappal. Fényessége  $1,1^m$ , átmérője leheletnyit nő,  $3,9''$ -ről  $4,0''$ -re.

**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. Az esti délnyugati ég alján látható feltűnő fényes égítstként, késő este nyugszik. 25-én a Cet csillagképbe lép át. Fényessége  $-2,1^m$ , átmérője  $35''$ .

**Szaturnusz:** Hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Késő este kel, az éjszaka nagy részében látható. Fényessége  $0,6^m$ , átmérője  $19''$ .

**Uránusz:** Sötétedés után kereshető a Halak csillagképben. Kora este nyugszik.

**Neptunusz:** A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 17-én együttállásban a Nappal.



*Az északi égbolt február 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

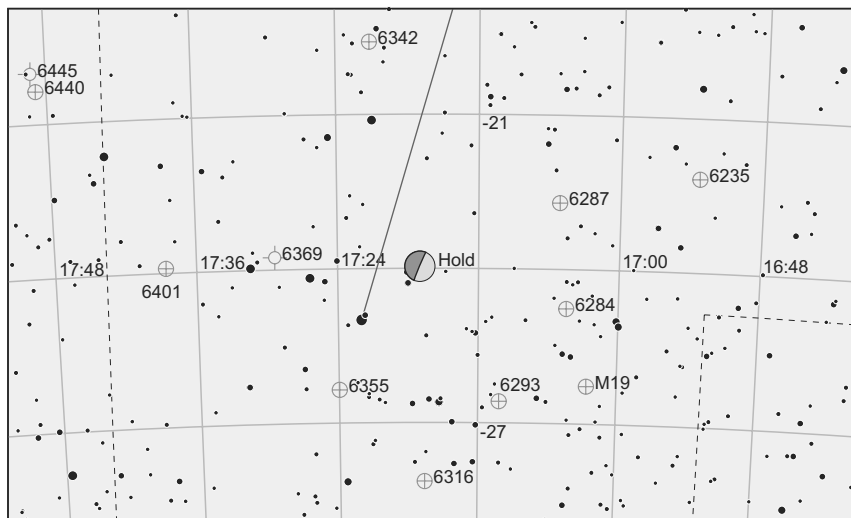
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

02.01	5:38	A 3%-os, csökkenő fázisú Holdtól 5°-ra keletre látható a Merkúr
02.01	5:38	44 óra 53 perces holdsarló 4° magasan a hajnali égen (a Merkúrtól 5°-ra nyugatra, a Vénusztól 25°-ra keletre, a két szabadszemes bolygó között)
02.01	14:46	A Hold minimális librációja ( $l = 3,72^\circ$ , $b = -2,12^\circ$ )
02.01	20:58	A 103P/Hartley 2-üstökös 20' keletre az M50 nyílthalmaztól
02.02	4:55	A Vénusz 36"-re megközelíti a HIP 87235-et ( $8,1^m$ )
02.03	2:31	Újhold (Hold az Aquarius csillagképben)
02.03	16:21	13 óra 50 perces holdsarló 1° magasan az esti égen
02.04	2:10	A Szaturnusz 2,8'-re megközelíti a TYC 4960-339-1-et ( $8,3^m$ )
02.04	16:20	A Mars együttállásban a Nappal (a Naptól 1°-ra)
02.04	16:22	37 óra 51 perces holdsarló 11° magasan az esti égen (a Jupitertől 31°-ra nyugatra)
02.04	17:00	A (8) Flora kisbolygó ( $10,5^m$ ) 6'-re délre az NGC 467, 470 és 474 alkotta galaxistriótól ( $11,9$ , $11,8$ és $11,5^m$ )
02.06	19:05	A Hold déli librációja ( $b = -6,31^\circ$ )
02.06	23:20	A Hold földtávolban (földtávolság: 405 950 km, látszó átmérő: $29'26''$ , 13%-os, növekvő holdfázis)
02.07	5:00	A Vénusz 2'-re megközelíti a $\mu$ Sagittariit
02.07	16:27	A 18%-os, növekvő fázisú Holdtól 7,7°-ra délre látható a Jupiter

**Dátum Időpont Esemény**

02.07	18:29	A Hold mögé belép a 45 Piscium (6,8 <sup>m</sup> , 19%-os, növekvő holdfázis)
02.07	21:50	A (20) Massalia kisbolygó (9,7 <sup>m</sup> ) 11,5'-re északra látható az NGC 4030 galaxistól (10,6 <sup>m</sup> )
02.09	4:51	A Vénusz 23'-re látható a (4) Vesta kisbolygótól (7,8 <sup>m</sup> )
02.10	12:50	A (44) Nysa kisbolygó oppozícióban a Leo csillagképben (8,9 <sup>m</sup> )
02.11	7:18	Első negyed (Hold az Aries csillagképben)
02.11	23:08	Az 57%-os, növekvő fázisú Hold 2°-ra megközelíti a Fiastyúkot (M45 nyílthalmaz) a Taurus csillagképben
02.12	23:03	A 66%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 9,1'-re látható a $\tau$ Tauri (4,3 <sup>m</sup> )
02.13	0:27	A Hold nyugati librációja ( $l = -8,19^\circ$ )
02.13	17:28	A Hold eléri legnagyobb deklinációját +23,6°-nál (74%-os, növekvő holdfázis)
02.16	0:50	A 103P/Hartley 2-üstökös 8' délnyugatra az IC 466 ködtől
02.16	1:56	A Hold mögé belép a 81 Geminorum (4,9 <sup>m</sup> , 93%-os, növekvő holdfázis)
02.16	4:15	A Vénusz 7,1'-re a $\xi^2$ Sagittariustól (3,5 <sup>m</sup> )
02.16	17:16	A (16) Psyche kisbolygó (10,9 <sup>m</sup> ) a következő 4 napon áthalad az NGC 1647 jelű nyílthalmazon (6,4 <sup>m</sup> )
02.16	19:31	A 97%-os, növekvő fázisú Hold 5°-ra megközelíti az M44 (Praesepe, Méhkas) csillaghalmazt a Cancer csillagképben
02.17	3:40	A 98%-os, növekvő fázisú Hold 1,9°-ra megközelíti az M67 csillaghalmazt a Cancer csillagképben
02.17	9:56	A Neptunusz együttállásban a Nappal
02.18	8:36	Telehold (Hold a Leo csillagképben)
02.19	7:32	A Hold földközelen (földtávolság: 358 239 km, látszó átmérő: 33'21", 98%-os, csökkenő holdfázis)
02.20	0:19	A Hold mögül kilép a 87 Leonis (4,8 <sup>m</sup> , 96%-os, csökkenő holdfázis)
02.20	5:56	A Hold északi librációja ( $b = 7,56^\circ$ )
02.21	2:11	A (148) Gallia kisbolygó (11,6 <sup>m</sup> ) 3,9'-re délnyugatra a 7 Leonistól
02.22	5:07	A Vénusz 52"-re megközelíti a TYC 6306-968-1-et (8,4 <sup>m</sup> )
02.23	23:07	A Hold maximális librációja ( $l = 7,54^\circ$ , $b = 4,62^\circ$ )
02.24	17:27	A Jupiter bolygó 22,7'-re a 44 Psc-től (5,6 <sup>m</sup> )
02.24	23:10	A Hold keleti librációja ( $l = 7,92^\circ$ )
02.24	23:26	Utolsó negyed (Hold a Scorpius csillagképben)
02.25	1:40	A Hold mögül kilép a 19 Scorpíi (4,6 <sup>m</sup> , 49%-os, csökkenő holdfázis)
02.25	12:44	A Merkúr felső együttállásban a Nappal (a Naptól 2°-ra)
02.26	2:33	A Hold mögé belép a $\theta$ Ophiuchi (3,3 <sup>m</sup> , kettőscsillag, 38%-os, csökkenő holdfázis), kilépés 03:12-kor
02.26	4:54	A Hold eléri legkisebb deklinációját -24,8°-nál (37%-os, csökkenő holdfázis)
02.26	19:30	A Merkúr eléri legnagyobb fényességét, -1,7 magnitúdót (a bolygó látszó átmérője 4,9", fázisa 100%)
02.27	4:23	A 28%-os, csökkenő fázisú Hold 1,3°-ra megközelíti az M28 nyílthalmazt a Sagittarius csillagképben
02.28	20:22	Az (52) Europa kisbolygó (10,9 <sup>m</sup> ) 7,3'-re délnyugatra a $\delta$ Virginistól



2011. február 26-án a Hold elfedi a  $\theta$  Ophiuchit.

## Üstökösök

**103P/Hartley 2.** A Monocerosban látható üstökös lassan kikerül a vizuális észlelők hatóköréből, fényessége várhatóan 12 és 14 magnitúdó között csökken. A hónap első estéjén 20'-cel keletre láthatjuk az M50-től, amely egy 6 magnitúdós, legalább ötven tagot számláló nyílthalmaz. A gyorsan halványuló üstökös ezt követően fényes csillagokban szegény, jellegtelen csillagkörnyezetben halad tovább észak-északkelet felé. Következő visszatérése 2017 tavaszán esedékes, de akkor nagyon kedvezőtlen helyzetben láthatjuk. A rákövetkező, 2023. október 12-i napközelsége előtt azonban 0,382 CSE-re megközelíti bolygónkat, így ismét fényes, binokulárral is megfigyelhető üstökös lesz. Ezekben az évtizedekben egy új meteorraj megjelenése is várható az üstökösből.

## Kisbolygók

**(3) Juno.** Stacionárius pontját elhagyva meredeken halad északnyugat felé, amely nagy, 13 fokos pályahajlásának köszönhető. A  $\beta$  Virginistől néhány fokkal délre mozgó égitest 9,5 és 9 magnitúdó között fényesedik, 8-án hajnalban 21 ívperccel északkeletre halad el a 14 magnitúdós NGC 3907 galaxistól, 12-én hajnalban pedig 5 ívpercre megközelíti a 6,2 magnitúdós HD 102634-et.

**(7) Iris.** A szembenállásán túljutó kisbolygó egyre lassuló, nyugati irányú mozgást végez a Cancer és Gemini csillagképek határán, fényessége 8 és 9 magnitúdó között csökken. Február 5-én este az 5,2 magnitúdós 8 Cancritól 16 ívperccel délre lesz található.

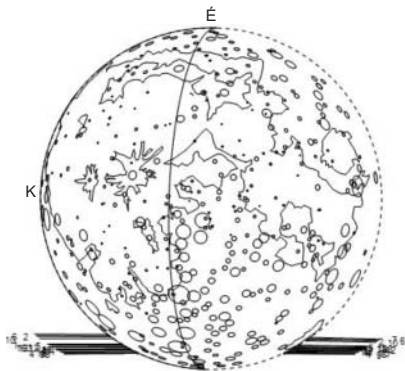
**(20) Massalia.** A Junotól bő 2 fokkal keletre látszó kisbolygó a hónap folyamán egyre gyorsuló, északnyugati irányú mozgással vétezi észre magát, fényessége 9,9 és 9,2 magnitúdó között növekszik majd. 7-én este 13 ívperccel északkeletre halad el a 11 magnitúdós NGC 4030 jelű szép spirálgalaxistól. Az S típusú, tehát szilikátos kisbolygó a Massalia család szülőégítestje, amelybe az ismert kisbolygók majd' 1%-a tartozik. Mivel maga a Massalia 150 km-es, az utána következő legnagyobb családtag azonban csak 7 km átmérőjű, valószínűleg egy hatalmas becsapódás nyomán keletkező kráterből kibobódó anyag hozta létre a családot, nem pedig egy teljesen szétszakadó ős-Massalia kisbolygó.

**(23) Thalia.** John Russell Hind fedezte fel 1852. december 15-én George Bishop londoni magánobszervatóriumában. A Thalia nevet is Bishop választotta, a színház és a komédia görög múzsája után. A 100–110 km átmérőjű égitest meglehetősen excentrikus ( $e = 0,233$ ) pályán járja körül a Napot, így oppozíciós fényessége több magnitúdóval változhat. Ebben a hónapban már távolodik tőlünk, így fényessége 9,2 és 9,8 magnitúdó között csökken. A Lynx déli részén mozog nyugat felé, de látszó mozgása gyorsan csökken, és a hónap végén eléri nyugati stacionárius pontját.

**(44) Nysa.** Hermann Goldschmidt német festő fedezte fel párizsi műtermének teraszáról. 1857. május 27-én. A művészből lett természettudós 13 további kisbolygót talált 1852 és 1861 között, amivel kiérdemelte a Royal Astronomical Society aranyérmét is. A Nysa az egyik legnagyobb, 0,44-es albedójú kisbolygó a ritka E típusú aszteroidák közé tartozik, ráadásul alakja meglehetősen elnyúlt, mérete 113×67×65 km. Idén a lehető legkedvezőbb helyzetben észlelhetjük, a február 10-i szembenálláskor fényessége eléri a 8,9 magnitúdót. A Leo nyugati felében látszó égitest 5-én este néhány ívperce megközelíti a 13 magnitúdós NGC 2954 galaxist, majd továbbhalad északnyugat felé.

## Február 26. $\theta$ Oph-fedés

A  $\theta$  Oph jelű 3,3 magnitúdós csillag a Kígyótartó legdélebbi fényes csillaga, mely februárban a hajnali égen alacsonyan látható. Ismerve a hazai időjárási helyzetet, sajnos elég kevés az esély arra, hogy a csillag okkultációját észlelni lehessen. A 02:33 UT-kor kezdődő esemény alkalmával a csillag a 38 százalékos fogyó fázisban lévő Hold déli pereme mögött fog elhaladni. A belépésre 5–7, a kilépésre 9–11 fok magasan kerül majd sor. A jelenség észlelésekor azt az optimális nagyítást kell megtalálni, ahol már jól látható a csillag, de a légköri turbulenciák még nem rontják el a képalkotást annyira, hogy ne lássuk pontosan a látómezőben táncoló csillag helyzetét.



A  $\theta$  Ophiuchi fedése 2011. február 26-án.

## A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrektció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
2 7	18	28	46	be	51 45 Psc	6,8	18 +	21	28 D	125	+0,7	-4,0
2 8	17	26	27	be	92279	7,9	26 +	40	52 D	103	+1,5	-2,1
2 8	19	28	13	be	177	6,9	26 +	22	41 D	115	+0,4	-2,8
2 9	20	37	41	be	296	7,7	36 +	20	82 É	60	+0,5	-0,6
2 10	18	56	34	be	X 63427	8,2	44 +	46	22 D	141	+1,2	-5,3
2 10	18	56	47	be	411	7,0	44 +	46	21 D	141	+1,1	-5,4
2 11	18	25	46	be	76050	7,3	54 +	59	37 D	130	+1,7	-3,1
2 11	23	51	52	be	566 NSV 15801	6,1	56 +	9	82 É	70	-0,1	-0,9
2 12	19	25	33	be	693 V1116 Tau	6,0	65 +	60	59 D	113	+1,5	-1,7
2 13	22	1	25	be	77355	7,5	75 +	45	72 D	106	+0,9	-1,7
2 13	23	18	32	be	859	6,6	76 +	33	83 É	81	+0,7	-1,2
2 13	23	56	35	be	865 V0731 Tau	6,2	76 +	26	84 D	94	+0,3	-1,5
2 14	13	49	35	be	976 $\mu$ Gem	2,9	82 +	19	74 É	76	+0,0	+1,7
2 14	14	47	16	ki	976 $\mu$ Gem	2,9	82 +	29	-75 É	286	+0,6	+1,0
2 14	17	28	16	be	997	7,0	83 +	54	46 É	48	+1,2	+3,1
2 14	18	17	24	be	1001	7,3	83 +	60	62 D	120	+1,6	-0,6
2 14	19	26	54	be	78507	7,4	83 +	65	66 D	117	+1,6	-1,0
2 14	19	28	22	be	78508	7,2	83 +	65	68 D	115	+1,6	-0,9
2 14	21	22	25	be	78558	7,7	84 +	58	66 É	68	+1,8	+0,1
2 14	21	52	49	be	78574	7,6	84 +	54	63 D	120	+1,0	-1,8
2 14	22	13	47	be	1021	6,1	84 +	51	68 É	71	+1,6	-0,4
2 15	17	3	17	be	1135	6,7	91 +	39	74 D	112	+1,0	+0,5
2 15	17	30	54	be	1138	7,1	91 +	44	58 É	64	+1,0	+2,4
2 15	21	42	34	be	1151	6,9	91 +	59	40 D	146	+0,9	-2,4
2 16	1	56	0	be	1175 81 Gem	4,9	92 +	22	45 É	51	+0,9	-0,4
2 16	19	13	14	be	97901	7,4	97 +	47	66 D	120	+1,2	-0,1
2 19	21	10	32	ki	1655	6,8	96 -	27	81 D	297	+0,9	+0,3
2 20	0	19	29	ki	1670 87 Leo	4,8	96 -	40	88 D	305	+1,3	-0,8
2 21	23	48	26	ki	1918	6,8	81 -	21	74 D	280	+1,2	+0,7
2 22	23	14	14	ki	2051 CS Vir	5,9	71 -	8	89 D	290	+0,6	+0,8
2 25	1	39	48	ki	2347 19 Sco	4,6	48 -	7	72 É	298	+0,7	+0,7
2 26	2	33	6	be	2500 $\theta$ Oph	3,3	38 -	6	-30 D	153	+0,1	-0,5
2 26	3	11	36	ki	2500 $\theta$ Oph	3,3	37 -	10	33 D	216	+2,1	+2,6
2 26	3	12	33	ki	2499	6,4	37 -	10	60 D	244	+1,6	+1,6
2 28	3	25	54	ki	2802	6,4	19 -	2	64 É	289	+0,6	+1,1

## Évforduló

### 200 éve hunyt el Nevil Maskelyne, az ötödik királyi csillagász

Nevil Maskelyne 1732. október 6-án született Londonban. Az 1748. július 25-i napfogatkozás fordította érdeklődését a csillagászat felé. Tanulmányait 1754-ben fejezi be, a következő évben pappá szentelik, 1756-tól a Szentháromság Főiskola tanára (Cambridge). Két évvel később veszi fel a Royal Astronomical Society a tagjai közé, 1761-ben a Szent Ilona-szigetre küldik a Vénusz-átvonulás észlelésére. Akkortájt a Nap–Föld távolság pontos kiszámítása, ezáltal a Naprendszer méreteinek meghatározása szempontjából igen fontosak voltak a Vénusz-átvonulások. Bár a kedvezőtlen időjárás megghiúsította a használató észlelések végzését, útját arra használta fel, hogy kifejlesszen egy új módszert a földrajzi hosszúság meghatározására a Hold pozíciójának felhasználásával. Javasolta, hogy a tengeri navigációban kulcsfontosságú hosszúságmeghatározáshoz évente publikálják a Hold távolságadatait. A Maskelyne által először 1766-ban publikált katalógus így a Nautical Almanac előfutára lett.

Időközben két királyi csillagász is meghalt gyors egymásutánban, és Maskelyne-t nevezték ki erre a tisztségre, ami egyúttal automatikusan magával vonta a tagságot is a Hosszúsági Bizottságban. A bizottságban egyébként mások is előnyben részesítették Maskelyne módszerét, lévén az olcsóbb volt, másrészt tudományos szempontból előbbre valónak tekintették, mint a kronométerre alapozottat. Maskelyne számításait a greenwichi meridiánra készítette, és jóval később, 1884-ben emiatt is fogadták el Greenwichet kezdő meridiánnak. Maskelyne nevéhez geodéziai munkálatok is fűződnek, a világ első háromszögelési munkáját is ő vezette. Az egész Angliára kiterjedő felmérés eredményeit négy nagy kötetben jelentették meg. 1772-ben javaslatot tett a Föld sűrűségének függőnnyel történő meghatározására, ami egy skóciai hegy neve után „Schiehallion-kísérlet” néven vált ismertté. Bár nem ő volt az első, aki ezt javasolta, de ő volt az első, aki 1774-ben végre is hajtotta a mérést. A szóban forgó hegy közelítőleg kúp alakú, ami lehetővé tette térfogatának könnyű és pontos kiszámítását. A hegy két oldalán megfigyelhető valódi hosszúsági szög értékének a háromszögeléssel meghatározottól való eltéréseit vették számításba. Ezekből Charles Hutton arra következtetett, hogy a Föld átlagsűrűsége a vízének 4,5-szerese (a mai érték: 5,515). Maskelyne további említésre méltó munkái a Vénusz-átvonulások észleléseinek eredményei (1761 és 1769), a Szent Ilona partjainál mérhető árapály megfigyelései (1762), valamint Szent Ilnáról és Barbadosról megfigyelt különféle egyéb csillagászati jelenségek. Néhány gyakorlati műszerfejlesztés is fűződik nevéhez, például a fali kvadráns felvált-







*A Maskelyne kráter az Apollo-11 fedélzetéről.*

tása egy 1,8 m átmérőjű ismétlődő körre, melynek tényleges megépítését már nem érthette meg, 1811. február 9-én Greenwichben meghalt. Nevét egy 24 km átmérőjű holdkráter, illetve a csendes-óceáni Vanuatu közelében található Maskelyne-szigetek őrzik.

### **A Maskelyne kráter**

A Maskelyne kráter első pillantásra meglehetősen jelentéktelen alakzat a Holdon a Mare Tranquillitatis déli szegletében. De csak első pillantásra, mert ha nagyobb átmérőjű távcsővel eredünk a nyomába, és kitartóak vagyunk, akkor az apróbb részletek sok mindent elárulhatnak a kráter keletkezéséről. Kráterünk átmérője 24 kilométer, mélysége 2500 méter. Az

már a kisebb műszerekben is feltűnik, hogy alakja szabálytalan, észak felé megnyúlt, és egy kissé kiszélesedik. Két kicsiny kráter található a közelében, nagyjából egy kráterátmérőnyire a Maskelyne-től. A nyugatra fekvő a B jelű, ennek átmérője 9,9 km, mélysége 1900 méter. Az északra fekvő K-jelű átmérője fele az előbbinek. Ezek a kis kráterek egyszerű, úgynevezett tál alakú kráterek, melyekből megszámlálhatatlanul sok található a holdfelszínen. Azonban a Maskelyne már egy sokkal bonyolultabb morfológiájú kráter. Magasabb napállásnál, ha legalább 15–20 cm-es műszerrel és 200–300-szoros nagyítással dolgozunk, szépen látszik a falak teraszos szerkezete és a központi csúcs. A legkiválóbb légköri nyugodtságnál omlásnyomokat is felfedezhetünk a déli és az északi részen egyaránt, így fény derül a kráter deformáltságának az okára. Minden bizonnyal a kráter kialakulása után az északi falak leomlottak, jócskán kiszélesítve az eredeti méreteket. A leomlott törmelékek egészen a központi csúcsig hatoltak. A Maskelyne-től délre, mintegy három kráterátmérőnyire húzódik pontosan észak-déli irányban a Maskelyne-rianás. Nagyon nehezen megfigyelhető objektum, igazi kihívás a nagytávcsöves észlelőknek. A Maskelyne kráter korát a tudósok eratoszthenesinek becsülik, ami a 3,2–1,1 milliárd évvel korábbi időszakot jelenti. Említést érdemel, hogy az Apollo-11 a Maskelyne-től körülbelül 200 kilométerrel nyugatra landolt. Az innen hozott kőzetminták alapján tudjuk, hogy a Mare Tranquillitatis bazaltja 3,57–3,86 milliárd évvel ezelőtt szilárdult meg.

## Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
3	17:29,4	Io	mk
4	17: 6,1	Io	ev
	18: 4,0	Io	áv
	18:24,9	Ganymedes	mk
7	16:47,1	Europa	ák
	17:36,2	Europa	ev
	19:26,8	Europa	áv
10	19:30,5	Io	mk
11	16:52,8	Io	ek
	17:46,7	Io	ák
	19: 7,4	Io	ev
12	17: 7,9	Io	fv
14	17:40,3	Europa	ek
	19:24,3	Europa	ák
15	16:53,7	Ganymedes	ák
16	17:12,9	Europa	fv
18	18:54,4	Io	ek
19	19: 3,3	Io	fv
22	17:49,6	Ganymedes	ek
26	18: 4,5	Io	mk
27	17:41,4	Io	ev
	18:19,3	Io	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

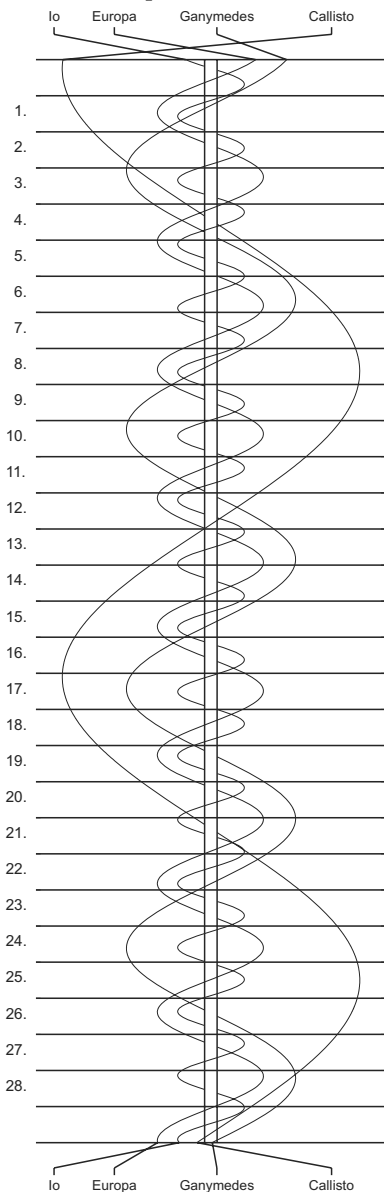
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

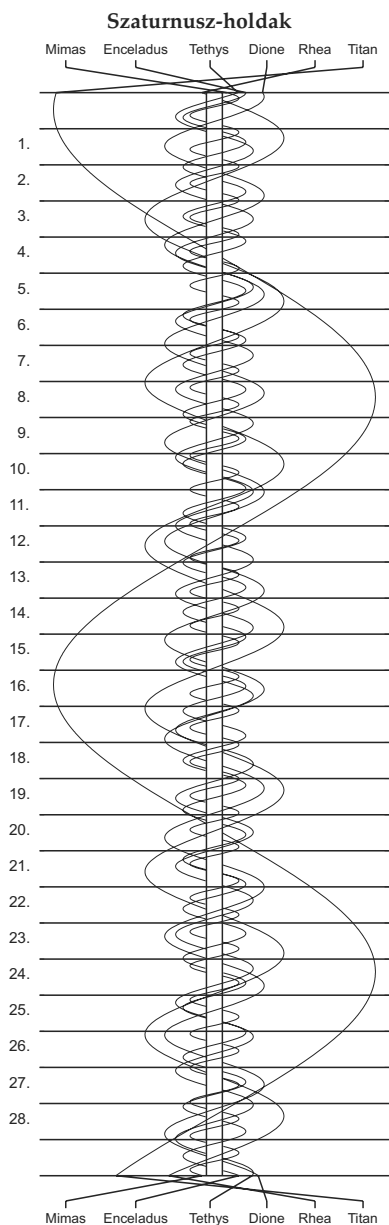
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

## Jupiter-holdak





$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – március**

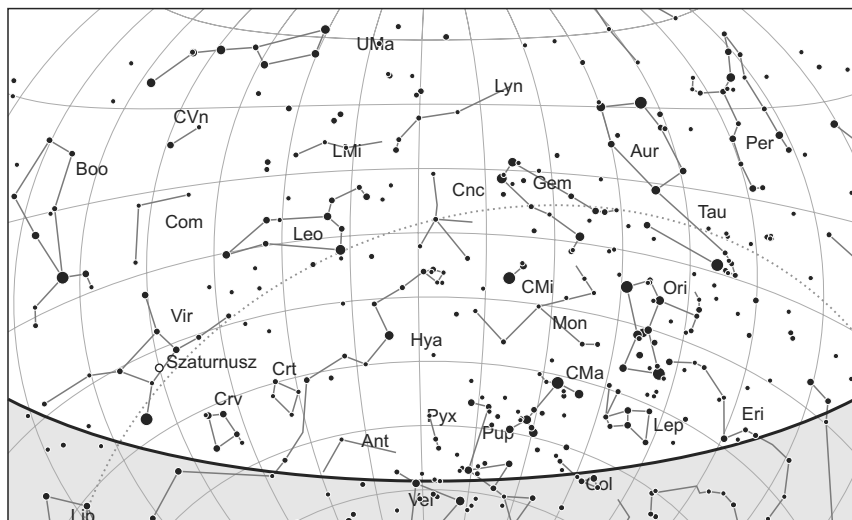
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis	
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m		
1. k 60.	6 25	11 56	17 28	34,9	−12,5	4 36	9 21	14 15	● 21 46	
2. sz 61.	6 23	11 56	17 30	35,3	−12,3	5 02	10 07	15 20		
3. cs 62.	6 21	11 56	17 31	35,6	−12,1	5 24	10 50	16 25		
4. p 63.	6 19	11 55	17 33	36,0	−11,9	5 44	11 31	17 29		
5. sz 64.	6 17	11 55	17 34	36,4	−11,7	6 03	12 12	18 32		
6. v 65.	6 15	11 55	17 36	36,8	−11,4	6 22	12 52	19 35		
10. hét										
7. h 66.	6 13	11 55	17 37	37,2	−11,2	6 41	13 33	20 38	● 0 45	
8. k 67.	6 11	11 55	17 39	37,6	−11,0	7 03	14 16	21 42		
9. sz 68.	6 09	11 54	17 40	38,0	−10,7	7 28	15 01	22 46		
10. cs 69.	6 07	11 54	17 42	38,4	−10,5	7 58	15 49	23 49		
11. p 70.	6 05	11 54	17 43	38,8	−10,2	8 35	16 39	–		
12. sz 71.	6 03	11 53	17 44	39,1	−10,0	9 20	17 32	0 49		
13. v 72.	6 01	11 53	17 46	39,5	−9,7	10 16	18 27	1 44	○ 19 10	
11. hét										
14. h 73.	5 59	11 53	17 47	39,9	−9,4	11 21	19 22	2 32		
15. k 74.	5 57	11 53	17 49	40,3	−9,1	12 33	20 17	3 13		
16. sz 75.	5 55	11 52	17 50	40,7	−8,9	13 51	21 12	3 48		
17. cs 76.	5 53	11 52	17 52	41,1	−8,6	15 12	22 06	4 18		
18. p 77.	5 51	11 52	17 53	41,5	−8,3	16 35	23 00	4 44	○ 19 10	
19. sz 78.	5 49	11 52	17 55	41,9	−8,0	17 58	23 54	5 10		
20. v 79.	5 47	11 51	17 56	42,3	−7,7	19 22	–	5 36		
12. hét										
21. h 80.	5 45	11 51	17 57	42,7	−7,4	20 46	0 49	6 04	● 13 07	
22. k 81.	5 43	11 51	17 59	43,1	−7,1	22 06	1 46	6 37		
23. sz 82.	5 41	11 50	18 00	43,5	−6,8	23 21	2 44	7 15		
24. cs 83.	5 39	11 50	18 02	43,9	−6,5	–	3 43	8 01		
25. p 84.	5 37	11 50	18 03	44,3	−6,2	0 26	4 41	8 56		
26. sz 85.	5 35	11 49	18 04	44,7	−5,9	1 20	5 37	9 56		
27. v 86.	5 33	11 49	18 06	45,1	−5,6	2 03	6 30	11 01	● 13 07	
13. hét										
28. h 87.	5 31	11 49	18 07	45,5	−5,3	2 37	7 19	12 07		
29. k 88.	5 29	11 49	18 09	45,9	−5,0	3 05	8 05	13 13		
30. sz 89.	5 27	11 48	18 10	46,2	−4,7	3 29	8 49	14 18		
31. cs 90.	5 25	11 48	18 12	46,6	−4,4	3 50	9 31	15 21		

A nyári időszámítás kezdete március 27-én 2h KÖZEI-kor. A nyári időszámítás alatt – dőlt betűvel szedve – a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

## március

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 622	10 33 48	Albin, Dávid
2.	2 455 623	10 37 45	Lujza, Henriett, Henrietta, Henrik, Károly
3.	2 455 624	10 41 42	Kornélia, Frigyes, Irma, Kamilla, Oszkár
4.	2 455 625	10 45 38	Kázmér, Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Zorán
5.	2 455 626	10 49 35	Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Olivér, Olívia
6.	2 455 627	10 53 31	Leonóra, Inez, Ágnes, Elvira
7.	2 455 628	10 57 28	Tamás
8.	2 455 629	11 01 24	Zoltán, Apollónia, Beáta, János
9.	2 455 630	11 05 21	Franciska, Fanni, Gergely, György, Katalin, Rebeka
10.	2 455 631	11 09 17	Ildikó, Anasztázia, Ede, Emil, Kamilla, Kolos, Melitta
11.	2 455 632	11 13 14	Szilárd, Aladár, Borsika, Terézia, Tímea
12.	2 455 633	11 17 11	Gergely, Gergő, György
13.	2 455 634	11 21 07	Krisztián, Ajtony, Arabella, Ida, Rozina, Zoltán
14.	2 455 635	11 25 04	Matild
15.	2 455 636	11 29 00	Nemzeti ünnep; Kristóf, Krisztofer, Lujza, Lukrécia
16.	2 455 637	11 32 57	Henrietta, Ábris, Bálint, Henrik, Valentin
17.	2 455 638	11 36 53	Gertrúd, Patrik, József
18.	2 455 639	11 40 50	Sándor, Ede, Alexa, Alexander, Alexandra, Nárcisz
19.	2 455 640	11 44 46	József, Bánk
20.	2 455 641	11 48 43	Klaudia, Alexa, Alexandra, Irma
21.	2 455 642	11 52 40	Benedek, Bence, Gergely, Gergő, Miklós, Nikolett
22.	2 455 643	11 56 36	Beáta, Izolda, Csilla, Katalin, Lea, Lia
23.	2 455 644	12 00 33	Emőke, Ottó
24.	2 455 645	12 04 29	Gábor, Karina, Ella, Gabriella, Katalin
25.	2 455 646	12 08 26	Irén, Írisz, Irina, Kristóf, Lúcia, Mária
26.	2 455 647	12 12 22	Emánuel, Dusán, Leonóra
27.	2 455 648	12 16 19	Hajnalka, Augusztá, Augusztina, János, Lídia
28.	2 455 649	12 20 15	Gedeon, Johanna, Hanna, János, Maja
29.	2 455 650	12 24 12	Augusztá, Augusztina
30.	2 455 651	12 28 09	Zalán
31.	2 455 652	12 32 05	Árpád, Ákos, Benjámin, Johanna, Kornélia



A déli égbolt március 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

## Bolygók

**Merkúr:** 5-e után már kereshető napnyugta után az esti délnyugati ég alján. Láthatósága gyorsan javul, 23-án lesz legnagyobb keleti kitérésben,  $18,6^\circ$ -ra a Naptól. E napon egy és háromnegyed órával a Nap után nyugszik, idei legjobb esti láthatóságát adva. Megtalálását nehezíti, hogy fényessége ekkorra jócskán csökken, noha egészen a hónap végéig megfigyelhető a bolygó. 31-én is még több mint egy órával a Nap után nyugszik.

**Vénusz:** Feltűnően látszik a hajnali délkeleti égbolton. A hónap elején bő két, a végén egy órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-4,1^m$ -ről  $-4,0^m$ -ra, átmérője  $15,8''$ -ről  $13,3''$ -re csökken, fázisa  $0,72$ -ről  $0,8$ -re nő.

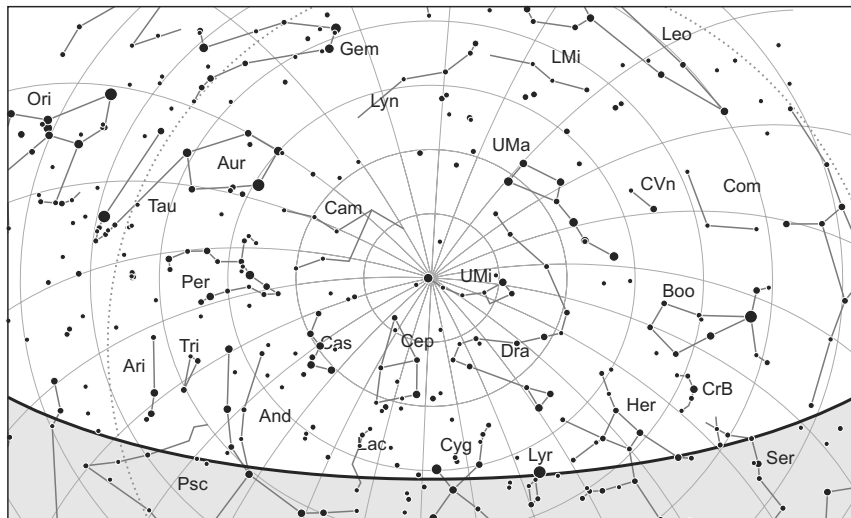
**Mars:** Előretartó mozgást végez a Vízöntő, majd a Halak csillagképben. A hónap legutolsó napjaiban megkísérelhető fölkeresése a délkeleti látóhatár közelében, ekkor már fél órával kel a Nap előtt. Fényessége enyhén csökken,  $1,1^m$ -ről  $1,2^m$ -ra, átmérője pedig  $4,0''$  körül stagnál.

**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Cet, majd ismét a Halak csillagképben. A hónap nagyobb részében még látható az esti nyugati ég alján, de március végére eltűnik az alkonyi fényben. Fényessége  $-2,1^m$ , átmérője  $33''$ .

**Szaturnusz:** Folytatja hátráló mozgását a Szűz csillagképben. Este kel, majdnem egész éjszaka látható a déli égen. Fényessége  $0,4^m$ , átmérője  $19''$ .

**Uránusz:** A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 21-én együttállásban van a Nappal.

**Neptunusz:** A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.



Az északi égbolt március 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

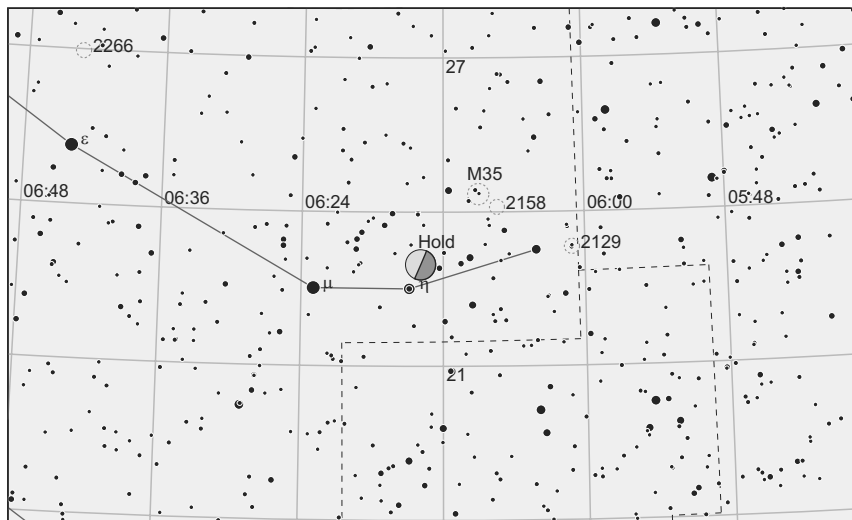
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

03.01	4:18	A 12%-os, csökkenő fázisú Holdtól 1,2°-ra délnyugatra látható a Vénusz
03.01	13:18	A Hold minimális librációja ( $l = 4,08^\circ$ , $b = -3,15^\circ$ )
03.03	4:51	39 óra 55 perces holdsarló 4° magasan a hajnali égen (a Vénusztól 23°-ra keletre)
03.04	17:39	Kedvező időpont a Messier-maratonra
03.04	20:46	Újhold (Hold a Pisces csillagképben)
03.04	21:34	A (18) Melpomene kisbolygó ( $10,4^m$ ) 40''-re északra a 11 Virginistől
03.05	17:05	Az 1%-os, növekvő fázisú Holdtól 5,6°-ra délkeletre látható a Merkúr (17°-ra keletre a Jupiter)
03.05	17:05	20 óra 19 perces holdsarló 4° magasan az esti égen (a Merkúrtól 6°-ra északra, a Jupitertől 17°-ra nyugatra)
03.05	17:40	Kedvező időpont a Messier-maratonra
03.06	8:04	A Hold földtávolban (földtávolság: 406 592 km, látszó átmérő: $29'23''$ , 2%-os, növekvő holdfázis)
03.06	16:44	A Hold déli librációja ( $b = -6,17^\circ$ )
03.06	17:06	A 3%-os, növekvő fázisú Holdtól 7°-ra délkeletre látható a Jupiter (12°-ra délnyugatra a Merkúr)
03.06	17:06	44 óra 20 perces holdsarló 14° magasan az esti égen (a Merkúrtól 12°-ra északkeletre, a Jupitertől 7°-ra északnyugatra)

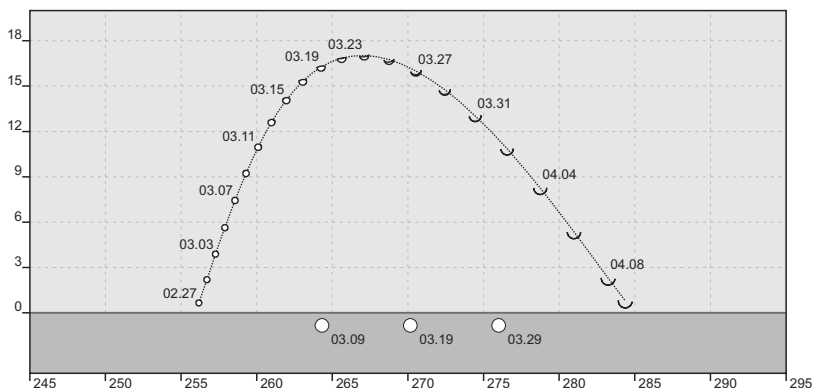
**Dátum Időpont Esemény**

03.10	17:19	A Hold mögé belép a $\tau$ Arietis (5,3 <sup>m</sup> , kettőscsillag, 28%-os, növekvő holdfázis), kilépés 18:30-kor
03.11	23:11	A Hold mögé belép az $\nu$ Tauri (4,3 <sup>m</sup> , 40%-os, növekvő holdfázis)
03.12	9:19	A (3) Juno kisbolygó oppozícióban a Leo csillagképben (8,9 <sup>m</sup> )
03.12	16:36	A Hold eléri legnagyobb deklinációját +23,4°-nál (47%-os, növekvő holdfázis)
03.12	23:45	Első negyed (Hold a Taurus csillagképben)
03.13	18:14	Az 58%-os, növekvő fázisú Hold 1,6°-ra megközelíti az M35 nyílthalmazt
03.13	21:40	A Hold mögé belép az $\eta$ Geminorum (Propus, 3,5 magnitúdójú, kettőscsillag, 60%-os, növekvő holdfázis), kilépés 22:27-kor
03.13	23:33	A Hold nyugati librációja ( $l = -8,69^\circ$ )
03.14	17:04	A Hold mögé belép a $\zeta$ Geminorum (Mekbuda, 4,0 <sup>m</sup> , 68%-os, növekvő holdfázis), kilépés 17:59-kor
03.14	21:51	A (20) Massalia kisbolygó oppozícióban a Leo csillagképben (8,8 <sup>m</sup> )
03.14	23:39	A Szaturnusz 21'-re megközelíti a 44 Virginist
03.15	0:52	Hold maximális librációja ( $l = -8,34^\circ$ , $b = 3,07^\circ$ )
03.17	17:53	A Merkúr 20,3'-re látható a 60 Pisciumtól
03.18	23:36	A Hold mögé belép a 62 Leonis (6,0 <sup>m</sup> , 99%-os, növekvő holdfázis)
03.19	18:10	Telehold (Hold a Virgo csillagképben), a 2011-es év legnagyobb teleholdja
03.19	19:16	A Hold földközelen (földtávolság: 356 575 km, látszó átmérő: 33'31", telehold)



2011. március 13-án a Hold megközelíti az M35 nyílthalmazt.





A Merkúr az esti égen.

**Dátum Időpont Esemény**

- |       |       |   |
|-------|-------|---|
| 03.20 | 3:33  | A Hold északi librációja ( $b = 7,46^\circ$ )   |
| 03.20 | 19:01 | A 98%-os, csökkenő fázisú Holdtól $8^\circ$ -ra északra látható a Szaturnusz  |
| 03.20 | 23:21 | Tavaszi napéjegylenlőség  |
| 03.21 | 9:55  | A Merkúr dichotómiája (50% fázis, $19^\circ$ -os keleti elongáció, $7,1''$ látszó átmérő)                               |
| 03.21 | 12:24 | A Uránusz együttállásban a Nappal   |
| 03.22 | 1:49  | A (18) Melpomene kisbolygó ( $10,2^m$ ) $47''$ -re délnyugatra látható a 6 Virginistől                                  |
| 03.23 | 1:10  | A Merkúr legnagyobb keleti elongációja ( $19^\circ$ elongáció, $-0,1^m$ , $7,5''$ átmérő, 43% fázis, Pisces csillagkép) |
| 03.25 | 3:49  | A Hold eléri legkisebb deklinációját $-24,6^\circ$ -nál (64%-os, csökkenő holdfázis)                                    |
| 03.25 | 22:19 | A Hold keleti librációja ( $l = 8,27^\circ$ )   |
| 03.26 | 1:32  | A Hold mögül kilép a 4 Sagittarii ( $4,7^m$ , 55%-os, csökkenő holdfázis)   |
| 03.26 | 12:07 | Utolsó negyed (Hold a Sagittarius csillagképben)  |
| 03.31 | 3:56  | A 10%-os, csökkenő fázisú Holdtól $4,8^\circ$ -ra délkeletre látható a Vénusz   |

**Kisbolygók**

**(3) Juno.** A Leo délkeleti részén halad északnyugati irányban, 5-én napközben keresztezi az ekliptikát, majd március 12-én eléri szembenállását. Az ekkor  $8,9$  magnitúdós égitest a hónap végéig alig halványodik, így kisebb binokulárokkal is könnyen megfigyelhető lesz. Március 5-én este az  $5,8$  magnitúdós 89 Leonistól  $13$  ívpercre délre láthatjuk, 22-én pedig fél fokkal délre kell keresnünk a  $4,1$  magnitúdós  $\sigma$  Leonistól.

**(7) Iris.** A hónap első napjaiban éri el nyugati stacionárius pontját a Gemini–Cancer–Canis Minor hármashatárnál. Ezt követően egyre gyorsulva halad kelet felé, de így is csak  $2$  fokot tesz meg egy hónap alatt. A  $9,0$  és  $9,8$  magnitúdó között halványuló kis-

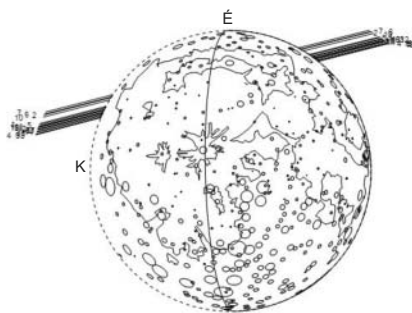
bolygó csillagokban gazdag környezetben mozog, így azonosításához részletes csillag-térképre lesz szükség.

**(20) Massalia.** Annibale de Gasparis fedezte fel 1852. szeptember 19-én Nápolyból, majd másnap Jean Chacornac is megtalálta Marseille-ben. Bár utóbbi előbb jelentette be az új égitestet, ma mégis Gasparis felfedezéseként tartjuk számon. Ennek ellenére nevét Marseille görög elnevezése után kapta... A 140–160 km átmérőjű égitest szokatlanul kicsi, alig 0,7 fokos hajlású pályán jár, keringési ideje 3,74 év. Idén egy átlagos szembenállását láthatjuk, fényessége a hónap közepén eléri a 8,9 magnitúdót, miközben az égi egyenlítő mentén mozog a Virgo, majd a Leo csillagképben. 24-én hajnalban néhány ívpercre megközelíti a 4,9 magnitúdós  $\tau$  Leonist, a hónap utolsó estéjén pedig a 11 magnitúdós NGC 3640 spirálgalaxistól 18 ívperccel északkeletre kell keresnünk.

**(44) Nysa.** A Cancer keleti határánál éri el stacionárius pontját ez a 9,5 és 10 magnitúdó között halványuló kisbolygó. 3-án este 1 ívpercnél is jobban megközelíti a 6,6 magnitúdós HD 98488 csillagot.

## 2011. március 13. $\eta$ Gem okkultáció

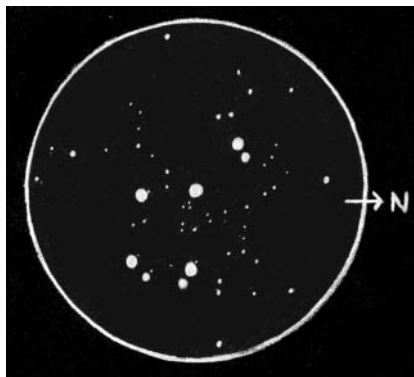
Szűk két hónappal a januári fedés után ezen az estén újra a Hold mögé kerül a látványos kettős- és változócsillag, a vörös fényű  $\eta$  Geminorum. A jelenségre este (21:40 UT) kerül sor, 37 fokos magasság mellett, így már csak a jó időben kell bízunk, hogy az év egy igen látványos fedését megfigyelhessük. Érdekes lesz nagyítással követni a csillagot, így az 1,6" távasságú kettős komponenseinek külön fedését is láthatjuk (jó seeing és jó optika esetén)! A fedés a Hold északi féltekéje mögött fog történni, a kilépésre 22:27 UT-kor kerül majd sor.



Az  $\eta$  Geminorum fedése 2011. március 13-án

## Fedezzük fel a Messier-objektumokat!

Az üstökösök és a mélyég-objektumok (gáz- és porködök, galaxisok, csillaghalmazok) felfedezése szorosan összefügg egymással. Charles Messier a XVIII. századi Franciaországban új kométák keresése közben azt vette észre, hogy közelükben néha ködös, halvány, a teleszkopikus üstökösökhöz hasonló égitestek mutatkoznak. Mivel azonban elmozdulást nem mutattak, kizárta, hogy a Nap körül keringő égitestekről legyen szó. Az űr mélységeiben kellett lenniük (innen ered a mély-ég, vagy mélyég-objektum kifejezés), s néhányukat sikerült is felbontania csillagokra. Legtöbbjük azonban ködös maradt, s igazi természetük felderítésére több mint egy évszázadot kellett várni. Messier, hogy másokat ne tévélhassanak meg a ködös, üstökösszerű foltok, azokat katalógusba gyűjtötte össze, módszeresen ellenőrizve elődei által ködösként leírt égitesteket is. Sokat ő maga, vagy



*Az egyik legszebb mélyég-objektum, a Plejádok (M45) Tózsér Attila rajzán, amit 13 cm-es tükrös távcső segítségével készített, 26×-os nagyítás mellett. A látómező átmérője 2 fok.*

munkatársa, Pierre Méchain fedezett fel. Katalógusa végső formájában 103 égitestet sorolt fel, a listát az utókor hét olyan másik mélyég-objektummal egészítette ki, amelyeket bizonyítottan megfigyelt a francia csillagász, így a végső változat ma 110 bejegyzést tartalmaz.

A veterán üstökösvadász, Donald (Don) Machholz úgy ismeri az égboltot, mint a saját tenyerét. Bárhová néz is kis nagytású üstököskereső műszere, mindig pontosan tudja, mit is lát a távcsőben. A mélyég-objektumokat 10 magnitúdós határfényességig fejből ismeri. Köszönhető mindez annak a rengeteg tapasztalatnak, melyre az 1970-es évek óta az ég alatt eltöltött idő során tett szert. Egy hosszú tavaszi éjszakán jutott eszébe, hogy az összes Messier-objektumot felkeresse pirkadat előtt. Az ötlet nem tőle származott, de ő volt képes először teljesíteni a végcél, megpillantani az összes Messier-objektumot egyetlen éjszaka. Képesek vagyunk-e mi is utána csinálni?

A válasz határozott igen. Bár Magyarország területéről a 110 Messier-objektum közül elméletileg legfeljebb 109-et láthatunk egy éjszaka, már a 100-as darabszám elérése is mesteri teljesítmény. A Messier-maraton verseny: verseny, melyet az égbolttal vívunk, latba vetve összes égismeretünket és észlelői tapasztalatunkat. Verseny, amely komolyan próbára teszi állóképességünket. Maraton, ahol az égi 42 km állomáshelyeit csodálatos mélyég-objektumok jelölik.

Ha egy térképen megvizsgáljuk a Messier-objektumok égi elhelyezkedését, azt veszszük észre, hogy a Capricornus (Bak) és a Pisces (Halak) csillagképek közötti tartományban egyetlen déli fekvésű objektum sincs. Rengeteg célpont található viszont a Sagittarius (Nyilas) és a Virgo (Szűz) csillagkép környékén. Így tehát e két égiterrületnek láthatónak kell lennie az éjszaka során, sőt, a Nyilasnak delelnie kell, hogy legdélebbi objektumai kellően magasra emelkedjenek. Legalkalmasabb azon időszak, amikor a Nap épp a jelzett „üres” területen, a Vízöntő csillagképben tartózkodik. Ez az időtartam március közepétől április közepéig tart, a Szűz az éjszakai égbolton ragyog, tele galaxisokkal, hajnalban viszont pirkadat előtt delel a Nyilas is.

A Messier-maraton másik, igen fontos feltétele a sötét égbolt. Ezért sikerre csakis újhold környékén lehet esélyünk, lehetőleg városoktól minél távolabb, alkalmasint egy dombtetőn. Hegyvidéki helyszín csak akkor alkalmas, ha a harmadik igen fontos kritériumnak eleget tesz. Teljesen körpanorámájúnak kell lennie észlelőhelyünknek, ugyanis sok Messier-t alacsony horizont feletti magasságban kell „levadásznunk”.

A siker elengedhetetlen feltétele, hogy minimális szinten ismerjük az égboltot, a csillagképeket. Legyünk tisztában műszerünk teljesítőképességével és az adott nagyítások mellett elérhető látómezők méretével. Készítsunk egy listát az objektumokról, megfigyelési sorrendben feltüntetve őket. Ehhez az interneten találunk segítséget (<http://>

[members.shaw.ca/r/mcnish/darksky/messierplanner.htm](http://members.shaw.ca/r/mcnish/darksky/messierplanner.htm)). Március elején a nyári Tejút láthatósága még nem jó, de kellő kitartással, kedvező átlátszóság mellett esélyünk van a Sagittarius sok objektumára, de sajnos ekkor még kimarad a déli fekvésű M69, M70, M55, M75. Egy hónappal később az esti szürkületben esélytelen az M77, M74, M79, ellenben hajnalban kellően látható mind a Tejút (benne az ekkor már kényelmesen elérhető déli Sagittarius-objektumokkal), mind az ahhoz közeli M2, M72, M73 is. 2011-ben nagy szerencsénk lesz a holdfázissal, mivel a maratonra legmegfelelőbb március-áprilisi hónapforduló környékére esik az újhold. Műszerünk szinte bármilyen lehet, de előnyösebbek a kisebb átmérőjű, rövid fókuszú, nagy látómezejű távcsövek. Egy binokulár (10×50-es vagy annál nagyobb) azonban elengedhetetlen kellék.

Bár a maraton egyfajta verseny, sietni csak este és hajnalban kell, néhány objektumnál. Az éjszaka legnagyobb részében nagyon sok időnk lesz arra, hogy célpontjainkat alaposan szemrevételezzünk, esetleg egyet-kettőt rajzban vagy fotón megörökítsünk. Sőt, más égitesteket is felkereshetünk, több távcsővel is. Ha csak futó pillantásokat vetnénk az elénk táruló mélyég-csodákra, varázsuk eltűnne. Nézzük úgy őket, mintha most találkoznánk velük először!

Végül, de nem utolsósorban, az ilyen események nagyszerű alkalmat jelentenek kisebb-nagyobb társaságok összehozására, közös észlelésre, bemutatások szervezésére. Hiszen az égbolt 2011-ben is mindenkié!



Messier-maratonra készülődő amatőrök a Bátorliget melletti észlelődombon, 2010. április 17-én (Miszser Attila felvétele).

## A Hold csillagfedései

Dátum hó nap		UT h m s			J	Csillag ZC/SAO név m		Hold fázis h		Pozíció CA PA		Korrektció A B	
3	9	18	7	17	be	92990	8,5	20 +	34	73 D	86	+0,8	-1,4
3	9	18	7	19	be	X 3407	9,0	20 +	34	74 D	86	+0,8	-1,3
3	10	17	19	5	be	X 65442	8,1	28 +	51	75 É	59	+1,5	+0,2
3	10	17	19	7	be	486 $\tau$ Ari	5,3	28 +	51	75 É	59	+1,5	+0,2
3	10	18	32	49	be	75906	7,5	28 +	39	48 D	116	+0,7	-2,5
3	10	18	30	6	ki	486 $\tau$ Ari	5,3	28 +	39	-59 É	285	+0,8	-2,0
3	10	19	34	10	be	75923	8,0	28 +	29	85 É	69	+0,7	-0,9
3	11	19	26	3	be	630	7,7	38 +	40	79 D	91	+0,9	-1,4
3	11	22	16	6	be	76588 V1142 Tau	7,0	39 +	13	48 É	38	+0,5	+0,0
3	11	23	10	31	be	660 $\upsilon$ Tau	4,3	39 +	5	84 É	75	-0,3	-0,9
3	13	17	39	14	be	77996	7,4	58 +	65	80 D	101	+1,7	-0,5
3	13	21	39	47	be	X 85102	6,1	59 +	36	61 É	63	+1,1	-0,6
3	13	21	39	49	be	946 $\eta$ Gem	3,5	59 +	36	61 É	63	+1,1	-0,6
3	13	22	26	41	ki	946 $\eta$ Gem	3,5	59 +	28	-35 É	326	-0,2	-2,6
3	13	22	48	3	be	78182	7,4	59 +	24	69 D	113	+0,1	-1,8
3	14	17	3	44	be	1077 $\zeta$ Gem	4,0	68 +	59	35 D	150	+1,4	-2,4
3	14	17	58	30	ki	1077 $\zeta$ Gem	4,0	68 +	63	-52 D	238	+2,1	+2,0
3	14	20	59	59	be	79143	7,6	69 +	49	84 D	102	+1,1	-1,4
3	14	23	12	51	be	96697	7,5	70 +	28	75 D	111	+0,3	-1,7
3	15	22	30	32	be	97640	7,3	80 +	41	86 É	96	+1,0	-1,4
3	15	22	50	46	be	1235	7,3	80 +	37	24 D	166	-0,1	-2,9
3	15	23	9	23	be	1238	6,0	80 +	35	59 É	69	+1,2	-0,8
3	16	0	9	1	be	97677 NSV 17801	7,3	80 +	25	74 D	116	+0,2	-1,8
3	16	22	7	52	be	98382	7,3	88 +	48	84 É	96	+1,4	-1,0
3	16	23	9	12	be	1364	6,5	88 +	39	63 D	128	+0,7	-1,9
3	18	23	36	18	be	1605 62 Leo	6,0	99 +	38	86 É	82	+1,8	-0,5
3	20	22	30	25	ki	1852	6,0	97 -	29	85 D	305	+1,1	-0,2
3	20	23	52	21	ki	157613	7,4	97 -	31	88 É	312	+1,2	-0,8
3	21	0	14	11	ki	1858	6,3	97 -	30	82 D	301	+1,3	-0,8
3	24	0	16	19	ki	2283 V928 Sco	6,8	75 -	12	78 D	271	+1,3	+1,0
3	26	1	32	6	ki	2589 4 Sgr	4,7	54 -	8	26 É	334	+0,2	-0,8
3	26	3	8	45	ki	2602	5,4	54 -	16	14 D	194	+2,1	+3,3
3	26	3	11	19	ki	2598	7,1	54 -	16	30 D	209	+1,9	+2,0

## Évforduló

### 200 éve született Urbain Jean Joseph Le Verrier francia matematikus

Le Verrier 1811. március 11-én született egy korábbi történelmi viharok tépázta normandiai kisvárosban, Saint-Lô-ban. Előbb kémiát tanult Gay-Lussactól, csak ezután fordult érdeklődése a csillagászat, ezen belül is az égi mechanika felé. Már 1846-ban a Francia Akadémia tagjává választották. Munkásságának nagy részét a Párizsi Observatóriumban végezte, amelynek időközben igazgatója is lett. Le Verrier hírnevét a Neptunusz felfedezésében játszott kulcsfontosságú szerepével alapozta meg. Alexis Bouvard francia csillagász 1821-ben jelentette meg táblázatait a Jupiter, a Szaturnusz és az Uránusz pozícióinak számításaival. Míg a két nagyobbik bolygó égi helyzetét sikeresen jelezte előre, az Uránusz szisztematikus eltéréseket mutatott, és már maga Bouvard is feltételezte, hogy egy zavaró tömeg hatásának tulajdoníthatóak ezek az eltérések. A Párizsi Observatórium akkori igazgatója, François Arago biztatására Le Verrier hónapokig tartó bonyolult számításokba kezdett az Uránusz bolygó megfigyelt pályaháborgásainak egy ismeretlen bolygó newtoni gravitációs hatásával történő értelmezésével. Ezzel egy időben – ám Le Verrier számára ismeretlenül – egy 22 éves angol matematikus, John Couch Adams is ugyanezen a feladaton dolgozott. Adams korábban fogott neki a munkának: erről a legkorábbi írásos említés 1841. július 3-áról származik. Azonban tény, hogy az Uránusz pályazavaraiért felelőssé tehető új bolygó feltételezhető pozícióját elsőként Le Verrier publikálta 1846. augusztus 31-én, két nappal azelőtt, hogy Adams eredményre jutott. Adams eredményeit csak levélben közölte a Greenwichi Királyi Observatóriummal. Le Verrier az általa feltételezett pozíciót szeptember 18-án küldte el levélben Johann Galle részére, a Berlini Observatóriumba. A levél 5 nappal később érkezett meg, és még ugyanaznap éjszakáján, azaz 1846. szeptember 23-án, alig 1 fokra a Le Verrier által megadott pozíciótól (a Bak és a Vízöntő csillagép határán) Galle és Heinrich d'Arrest meg is találták a Neptunuszt. Utólag, 1846 novemberében a Királyi Csillagászati Társasághoz benyújtott cikkében Adams nyilvánosan is elismerte Le Verrier elsőségét, hangsúlyozva Galle szerepét. Mivel a Neptunusz keringési ideje 164,8 év, az idei évben fogja megtenni az első kört felfedezése óta. A számítások szerint július 10-én lesz azon a hosszúsági körön, ahol 1846-ban Galle megtalálta.

A Neptunusz felfedezésének története az égi mechanika és általában a természettudomány jelentős sikere volt: bizonyítottná vált, hogy megfigyelt dolgokból levont elméleti következtetésekkel, a matematika felhasználásával feltárható az ismeretlen. A Neptunusz felfedezésében játszott szerepén kívül más jelentős ered-



ményeket is elért Le Verrier. 1859-ben elsőként mutatta meg, hogy a Merkúr Nap körüli pályájának precessziója (a bolygópálya nagytengelyének elfordulása a pályasíkban) nem magyarázható az ismert nagybolygók perturbáló hatásával. Néhány lehetséges magyarázat mellett azt is javasolta, hogy esetleg egy, a Merkúron belüli újabb bolygó vagy kisebb testek törmeléke lehet ezért a felelős. Ezt a feltételezett bolygót nevezték el Vulcanusnak. A lehetséges magyarázatok sorában később még a Nap lapultsága is számításba jött, majd az általános relativitáselmélet magyarázta meg véglegesen, egyúttal annak fontos bizonyítékául szolgálva. Le Verrier 1877. szeptember 23-án hunyt el, a párizsi Montparnasse temetőben nyugszik. Arago szavaival emlékezik rá a világ: „Az ember, aki tollának egyetlen pontjával egy bolygót fedezett fel.” Neve az Eiffel-toronyra felvésett 72 világhírű francia tudós neve között is szerepel, olyanok mellett, mint Laplace, Lagrange, Coriolis, Ampère, Coulomb...

Nevét a Holdon, a Marson és a Neptunusz gyűrűi között is megtalálhatjuk, valamint az 1997-es sorszámu, 7 km átmérőjű kisbolygó is az ő nevét viseli.

### A Le Verrier kráter



*A Le Verrier kráter Papp András felvételén (a jobbra látható apró kráter a Le Verrier).*

A Le Verrier kráter a Mare Imbrium északi szélén fekszik a Holdon, a Sinus Iridumtól kissé délkeletre. Szép kettőst alkot a méretben és megjelenésben is hasonló Heliconnal. A Le Verrier a keletebbi, kissé markánsabb, frissebb megjelenésű, mint nyugati szomszédja. A Mare Imbriumnak ez a része egyébként teljesen „üres”, vagyis mentes mindenféle feltűnő alakzattól, így az azonosítás sem okozhat gondot. A Le Verrier átmérője 20 kilométer, mélysége 2100 méter. Keletkezését az eratosthenesi korbba teszik a tudósok. Kisebb távcsövekkel észlelők számára nem sokat árul el a kráter magáról, legfeljebb a kráterbelsőit kitöltő árnyék mozgásának a

nyomon követése lehet a cél. Számukra a szomszédos Helicon hálásabb célpont, mert ez a kráter egy kicsiny hegyháton fekszik, ami alacsony napállásnál feltűnő látvány. Ha nagyobb távcsöveken át szemléljük a Le Verrier-t, feltűnik a külső, kidobódott törmeléktakaró, különösen a kráter északi részén. A kráter déli széléhez nagyon közel találjuk a T jelű, apró másodlagos krátert. Magasabb napállásnál kisebb csuszamlásnyomokat fedezhetünk fel a kráter belsejében. Telehold környékén érdekes megfigyeléseket végezhetünk ezekről a kráterekről és a környező síkságról. A két kráter a Mare Imbrium nyugati felén húzódó, sötétebb tónusú, háromszög alakú területen fekszik. Ez a sötétebb lávafolyás mintegy 3 milliárd éves, míg például a Sinus Iridum nagy részét kitöltő világosabb bazalt kora 2,5 milliárd év körüli.

## Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
2	18:32,3	Europa	mk
5	17:23,7	Ganymedes	fv
6	17:29,1	Io	ek
	18: 1,7	Io	ák
7	17:22,7	Io	fv
11	18:21,9	Europa	ev

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

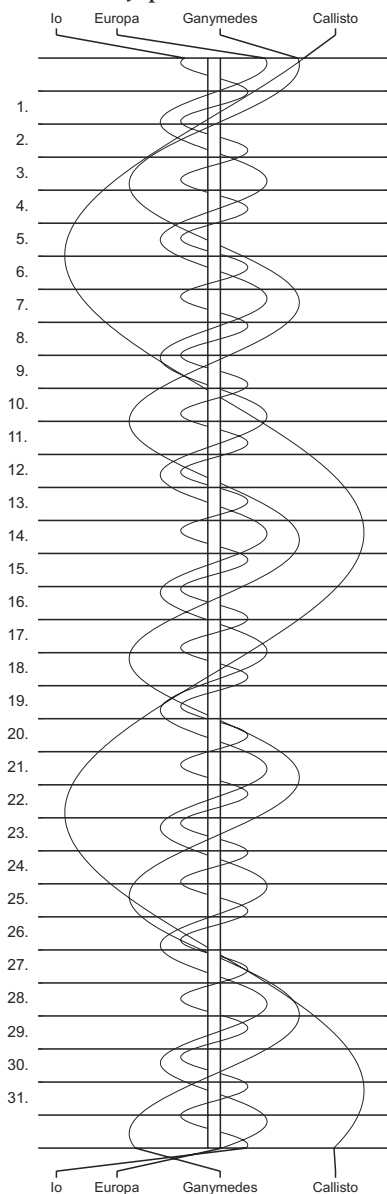
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

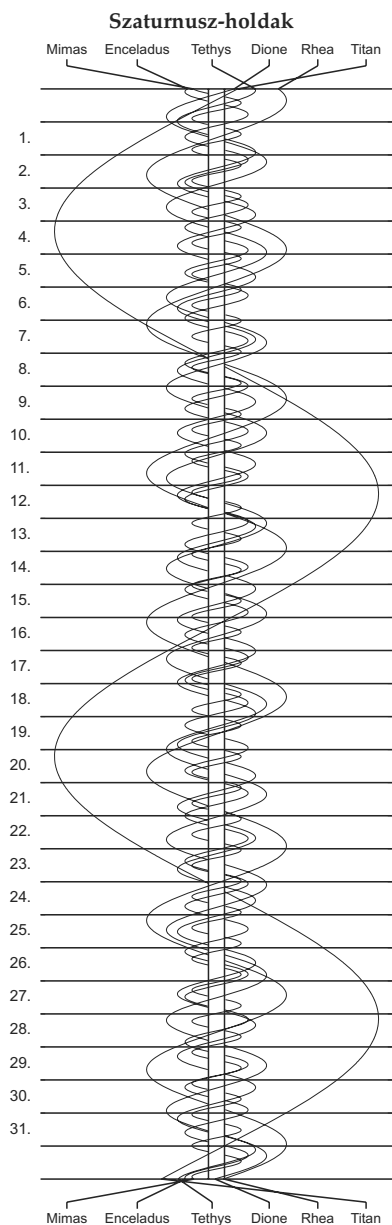
k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

## Jupiter-holdak







$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – április**

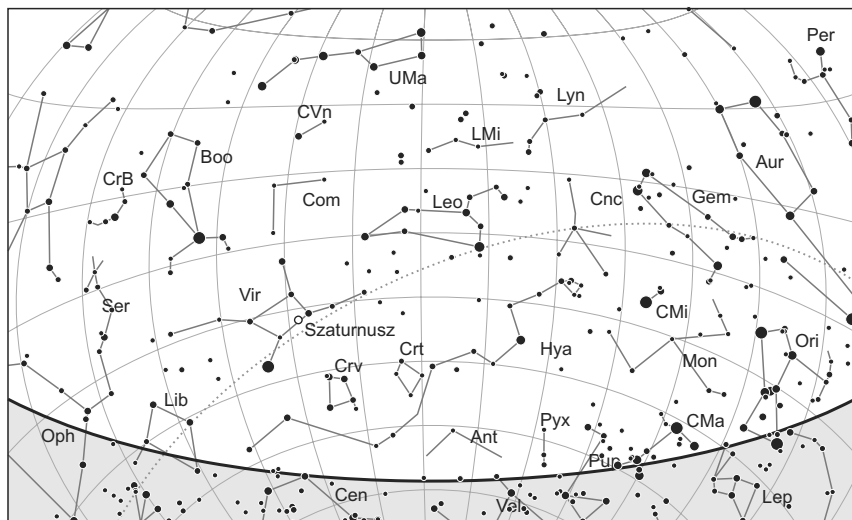
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold				fázis
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m		
1. p 91.	5 23	11 48	18 13	47,0	−4,1	4 09	10 11	16 24	● 15 32	
2. sz 92.	5 21	11 47	18 14	47,4	−3,8	4 28	10 52	17 27		
3. v 93.	5 19	11 47	18 16	47,8	−3,5	4 47	11 33	18 30		
14. hét										
4. h 94.	5 17	11 47	18 17	48,2	−3,2	5 09	12 15	19 34	● 13 05	
5. k 95.	5 15	11 46	18 19	48,5	−2,9	5 33	13 00	20 38		
6. sz 96.	5 13	11 46	18 20	48,9	−2,6	6 02	13 46	21 41		
7. cs 97.	5 11	11 46	18 21	49,3	−2,4	6 36	14 36	22 42		
8. p 98.	5 09	11 46	18 23	49,7	−2,1	7 19	15 27	23 38		
9. sz 99.	5 07	11 45	18 24	50,0	−1,8	8 10	16 20	–		
10. v 100.	5 05	11 45	18 26	50,4	−1,5	9 10	17 14	0 27		
15. hét										
11. h 101.	5 03	11 45	18 27	50,8	−1,3	10 18	18 07	1 09		
12. k 102.	5 02	11 45	18 28	51,1	−1,0	11 31	19 00	1 45		
13. sz 103.	5 00	11 44	18 30	51,5	−0,7	12 48	19 52	2 16	○ 3 44	
14. cs 104.	4 58	11 44	18 31	51,9	−0,5	14 06	20 44	2 43		
15. p 105.	4 56	11 44	18 33	52,2	−0,2	15 27	21 37	3 08		
16. sz 106.	4 54	11 44	18 34	52,6	+0,0	16 49	22 31	3 34		
17. v 107.	4 52	11 43	18 36	52,9	+0,2	18 12	23 27	4 01		
16. hét										
18. h 108.	4 50	11 43	18 37	53,3	+0,5	19 36	–	4 31		
19. k 109.	4 48	11 43	18 38	53,6	+0,7	20 55	0 25	5 07		
20. sz 110.	4 46	11 43	18 40	54,0	+0,9	22 07	1 25	5 50		
21. cs 111.	4 45	11 42	18 41	54,3	+1,1	23 08	2 26	6 43		
22. p 112.	4 43	11 42	18 43	54,7	+1,3	23 57	3 25	7 43	● 3 47	
23. sz 113.	4 41	11 42	18 44	55,0	+1,5	–	4 21	8 49		
24. v 114.	4 39	11 42	18 45	55,3	+1,7	0 36	5 13	9 56		
17. hét										
25. h 115.	4 38	11 42	18 47	55,7	+1,9	1 07	6 01	11 03		
26. k 116.	4 36	11 41	18 48	56,0	+2,1	1 32	6 46	12 09		
27. sz 117.	4 34	11 41	18 50	56,3	+2,2	1 54	7 29	13 13		
28. cs 118.	4 32	11 41	18 51	56,6	+2,4	2 14	8 10	14 16		
29. p 119.	4 31	11 41	18 52	56,9	+2,5	2 33	8 50	15 18		
30. sz 120.	4 29	11 41	18 54	57,2	+2,7	2 53	9 31	16 21		

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

## április

nap	Julían dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 653	12 36 02	Hugó, Pál
2.	2 455 654	12 39 58	Áron, Ferenc, Mária, Tünde
3.	2 455 655	12 43 55	Buda, Richárd, Irén, Irina
4.	2 455 656	12 47 51	Izidor
5.	2 455 657	12 51 48	Vince, Irén, Irina, Julianna, Teodóra
6.	2 455 658	12 55 44	Vilmos, Bíborka, Dénes
7.	2 455 659	12 59 41	Herman, Armand, Ármin, Árpád, József, Mária
8.	2 455 660	13 03 38	Dénes, Júlia, Valter
9.	2 455 661	13 07 34	Erhard, Dusán, Vince
10.	2 455 662	13 11 31	Zsolt
11.	2 455 663	13 15 27	Leó, Szaniszló, Ariel, Glória, Leona
12.	2 455 664	13 19 24	Gyula, Csaba, Csanád, Szilárd
13.	2 455 665	13 23 20	Ida, Hermina, Martin, Márton
14.	2 455 666	13 27 17	Tibor, Benedek, Gusztáv, Lídia
15.	2 455 667	13 31 13	Anasztázia, Tas
16.	2 455 668	13 35 10	Csongor, Benedek, Bernadett, Enikő, József
17.	2 455 669	13 39 07	Rudolf, Anasztázia, Árnika, Csongor, Klára, Rezső
18.	2 455 670	13 43 03	Andrea, Ilma, Aladár, Hermina
19.	2 455 671	13 47 00	Emma, Malvin
20.	2 455 672	13 50 56	Tivadar, Aladár, Odett, Tihamér
21.	2 455 673	13 54 53	Konrád, Zsombor
22.	2 455 674	13 58 49	Csilla, Noémi
23.	2 455 675	14 02 46	Béla, Albert, Gellért, György, Ilona, Sándor
24.	2 455 676	14 06 42	Húsvét; György, Csaba, Debóra, Györgyi, Hunor, Melitta, Simon
25.	2 455 677	14 10 39	Húsvét; Márk, Ervin
26.	2 455 678	14 14 36	Ervin, Marcell, Mária, Tihamér
27.	2 455 679	14 18 32	Zita, Mariann, Marianna, Péter
28.	2 455 680	14 22 29	Valéria, Dorisz, Pál, Patrícia, Patrik, Teodóra
29.	2 455 681	14 26 25	Péter, Antónia, Kata, Katalin, Róbert, Roberta, Tihamér
30.	2 455 682	14 30 22	Katalin, Kitty, Hilda, Ildikó, Mariann, Tivadar, Zsófia



*A déli égbolt április 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap első napjaiban este látható a nyugati ég alján. 1-jén még egy órával a Nap után nyugszik, de láthatósága rohamosan romlik, 10-én már alsó együttállásban van a Nappal. A hónap végén ismét kereshető, immár a keleti ég alján, napkelte előtt. Helyzete azonban megfigyelésre nem kedvező, 30-án is csak háromnegyed órával kel a Nap előtt.

**Vénusz:** Fényesen látszik a hajnali keleti ég alján. Láthatósága alig változik, a hónap elején egy, a végén bő háromnegyed órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-4,0^m$ -ról  $-3,9^m$ -ra, átmérője  $13,2''$ -ről  $11,7''$ -re csökken, fázisa 0,81-ről 0,88-ra nő.

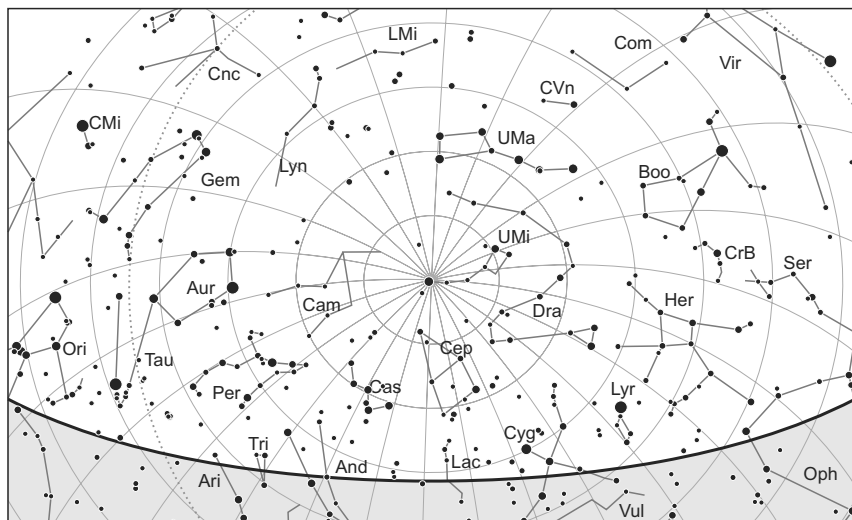
**Mars:** Előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. Közel háromnegyed órával kel a Nap előtt. Napkelte előtt megkísérrelhető felkeresése a keleti horizont közelében. Fényessége  $1,2^m$ , átmérője  $4,0''$ .

**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. 6-án együttállásban van a Nappal. A hónap végén már kereshető napkelte előtt a keleti ég alján. Fényessége  $-2,1^m$ , átmérője  $33''$ .

**Szaturnusz:** Egész éjszaka látható, 4-én szembenállásban van a Nappal. Hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Fényessége  $0,4^m$ , átmérője  $19''$ .

**Uránusz:** A hónap végén már kereshető a hajnali keleti ég legalján, a Halak csillagképben. Ekkor több mint egy órával kel a Nap előtt.

**Neptunusz:** Hajnalban kel. A szürkületben kereshető a Vízöntő csillagképben, a keleti látóhatár közelében.



*Az északi égbolt április 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

04.01	18:21	Kedvező időpont a Messier-maratonra
04.01	18:51	Az (554) Peraga kisbolygó (13,3 <sup>m</sup> ) elfedi a TYC 1343-01414-1-et (10,5 <sup>m</sup> )
04.02	3:51	34 óra 42 perces holdsarló 3,1° magasan a hajnali égen (a Vénusztól 20°-ra délkeletre)
04.02	9:15	Hold földtávolban (földtávolság: 406 647 km, látszó átmérő: 29'23", 2%-os, csökkenő holdfázis)
04.02	15:01	A Hold déli librációja ( $b = -6,18^\circ$ )
04.02	18:23	Kedvező időpont a Messier-maratonra
04.03	14:32	Újhold (Hold a Pisces csillagképben)
04.03	23:55	A Szaturnusz oppozícióban (0,4 <sup>m</sup> , 19,3" látszó átmérő, Virgo csillagkép)
04.04	9:54	Az 1%-os (19 óra 22 perces holdsarló) növekvő fázisú holdkorong peremétől 27,3'-re délkeletre látható a Merkúr a nappali égen
04.04	17:49	Az 1%-os, növekvő fázisú Holdtól 3,2°-ra délkeletre látható a Merkúr
04.04	17:49	27 óra 16 perces holdsarló 6° magasan az esti égen (a Merkúrtól 3,3°-ra északkeletre)
04.05	5:10	A Hold minimális librációja ( $l = -2,86^\circ$ , $b = -4,46^\circ$ )
04.06	14:41	A Jupiter együttállásban a Nappal (a Naptól 1,1°-ra)
04.07	18:31	A 15%-os, növekvő fázisú Hold 4,1°-ra a Fiastyúktól (M45 nyílthalmaz) a Taurus csillagképben

**Dátum Időpont Esemény**

04.07	19:25	A Hold mögé belép a 37 Tauri (4,4 <sup>m</sup> , 16%-os, növekvő holdfázis), kilépés 20:21-kor
04.07	19:48	A Hold mögé belép a 39 Tauri (5,9 <sup>m</sup> , 16%-os, növekvő holdfázis)
04.08	15:26	A Hold eléri legnagyobb deklinációját +23,1°-nál (22%-os, növekvő holdfázis)
04.09	20:48	A (16) Psyche kisbolygó (11,5 <sup>m</sup> ) 7,8'-re északra a ζ Tau-tól
04.09	22:48	A Hold mögé belép a HD 40724 (6,4 <sup>m</sup> , 34%-os, növekvő holdfázis)
04.10	22:19	A Hold nyugati librációja (l = -8,24°)
04.11	12:05	Első negyed (Hold a Gemini csillagképben)
04.12	18:44	A (640) Brambilla kisbolygó (15,2 <sup>m</sup> ) elfedi a TYC 0741-01511-1-et (10,8 <sup>m</sup> )
04.13	0:33	A Hold maximális librációja (l = -7,31°, b = 5,63°)
04.15	18:45	A (11) Parthenope kisbolygó (10,2 <sup>m</sup> ) 5,6'-re nyugatra az NGC 4845 galaxistól (11,2 <sup>m</sup> )
04.15	21:45	A Hold mögé belép a 87 Leonis (4,8 <sup>m</sup> , 93%-os, növekvő holdfázis)
04.16	2:06	A Hold északi librációja (b = 7,57°)
04.17	6:07	A Hold földközeli (földtávolság: 358 097 km, látszó átmérő: 33'22'', 99%-os, növekvő holdfázis)
04.18	2:44	Telehold (Hold a Virgo csillagképben)
04.20	2:14	A (19) Fortuna kisbolygó (11,2 <sup>m</sup> ) 5,5'-re keletre az NGC 4697 galaxistól (9,2 <sup>m</sup> )
04.20	23:21	A (11) Parthenope kisbolygó (10,2 <sup>m</sup> ) 9,3'-re az NGC 4772 galaxistól (10,7 <sup>m</sup> )
04.21	3:02	A Hold eléri legkisebb deklinációját -24,3°-nál (88%-os, csökkenő holdfázis)
04.21	20:24	A (287) Nephthys kisbolygó (11,4 <sup>m</sup> ) 5,1'-re délkeletre a 8 Serpentistől
04.22	21:06	A Hold keleti librációja (l = 7,86°)
04.22	23:00	Az Áprilisi Lyridák meteorraj maximuma (radiáns 45° magasan, 72%-os, csökkenő fázisú Hold felkelőben)
04.23	1:03	A 71%-os, csökkenő fázisú Hold 1°-ra megközelíti az M22 gömbhalmazt a Sagittarius csillagképben
04.25	2:47	Utolsó negyed (Hold a Capricornus csillagképben)
04.29	3:25	A Hold mögül kilép a κ Piscium (5,0 <sup>m</sup> , 15%-os, csökkenő holdfázis)
04.29	13:20	A Hold déli librációja (b = -6,31°)
04.29	18:09	A Hold földtávolban (földtávolság: 406 016 km, látszó átmérő: 29'26'', 11%-os, csökkenő holdfázis)

**Kisbolygók**

**(3) Juno.** A Leo csillagkép déli felében kell keresni ezt az északnyugat felé mozgó planetoidát, amely a hónap végére eléri stacionárius pontját, mozgása lelassul. Fényessége 9,4 és 10,1 magnitúdó között csökken.

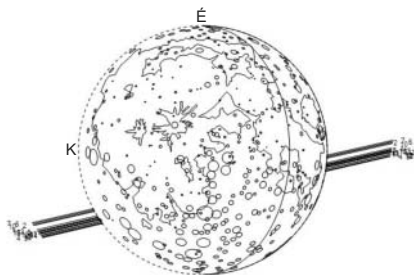
**(10) Hygiea.** Ez a negyedik legnagyobb kisbolygó a főövben, felfedezése mégis számos kisebb aszteroida után történt meg 1849. április 12-én. Ennek legfőbb oka, hogy a C

típusú, tehát szenet tartalmazó kisbolygó közé tartozik, így fényvisszaverő képessége igen alacsony, ráadásul átlagos naptávolsága is nagy, 3,1 CSE. Emiatt maximális látszó fényessége 4 magnitúdóval elmarad a hasonló méretű Vestaétól. Bár felfedezője a nápolyi Annibale de Gasparis volt, nevét a nápolyi obszervatórium igazgatója, Ernesto Capocci javasolta. Idén napközelségét és szembenállását bő egy hét fogja elválasztani, így a lehető legnagyobb fényesség mellett észlelhetjük. A hónap során azonban még csak fényesedik, 10 és 9,5 magnitúdó között, miközben a Libra déli részén, csillagokban gazdag környezetben mozog nyugat felé.

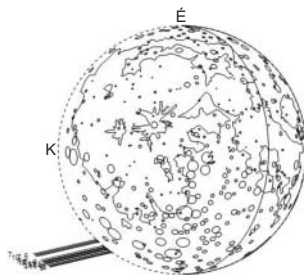
**(20) Massalia.** A Leóban láthatjuk ezt az északnyugat felé mozgó, a hónap végén stacionárius pontját is elérő kisbolygót. A hónap első hajnalán a 11 magnitúdós NGC 3640 spirálgalaxistól 18 ívperccel északkeletre kell keresnünk a 9,4 magnitúdós aszteroidát, amely a hónap végére 10,2 magnitúdóig halványodik.

### 2011. április 7. 37, 39 Tauri fedések

Bár a látványos Plejádok-fedéseknek egy időre vége, a Hold nem távolodott még messze a csillaghalmaztól, és ezen az estén látványosan együtt áll az M45-tel, valamint a Bika fejét alkotó Hyadokkal. A két csillaghalmaz között körülbelül félúton fog elhelyezkedni a 16%-os fázist mutató holdsarló, remek témát kínálva ezzel az asztrotájképfotósoknak. Ráadásul ezen a területen két fényesebb csillagot, a 37 és 39 Taurit is elfed, 20, illetve 15 fokban, azaz még kényelmes horizont feletti magasságban.



A 37 Tauri fedése 2011. április 7-én.



A 39 Tauri fedése 2011. április 7-én.

### A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
4 6	18	18	8	be	93309	7,5	9 +	21	12 D	149	-0,6	-4,4
4 6	18	25	2	be	75758	8,4	9 +	20	26 É	7	+2,3	+5,3
4 6	18	38	25	ki	75758	8,4	9 +	18	1 É	342	-1,9	-7,7
4 7	18	31	42	be	76411	8,9	15 +	28	70 D	97	+0,4	-1,6

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
4 7	19	25	19	be	599 37 Tau	4,4	15 +	20	58 D	109	-0,1	-1,9
4 7	19	43	50	be	76439	7,9	15 +	17	53 D	115	-0,2	-1,9
4 7	19	47	38	be	601 39 Tau	5,9	15 +	16	40 D	128	-0,4	-2,3
4 7	20	20	39	ki	599 37 Tau	4,4	15 +	11	-84 D	252	+0,0	-1,0
4 7	20	25	45	be	76456	7,9	15 +	10	24 D	144	-0,8	-2,7
4 9	18	12	16	be	77642	7,8	32 +	49	42 É	42	+2,2	+1,4
4 9	19	43	44	be	77710	7,2	32 +	34	76 D	103	+0,5	-1,7
4 9	21	58	28	be	X 8034	7,9	33 +	12	59 É	59	+0,2	-0,8
4 9	22	48	19	be	911 141 Tau	6,4	33 +	5	53 É	54	-0,1	-0,6
4 12	18	52	11	be	1301	8,0	64 +	55	39 É	53	+3,0	+2,1
4 13	22	3	5	be	117836	7,2	76 +	35	34 D	162	+0,2	-2,5
4 15	18	26	40	be	1655	6,8	92 +	33	74 É	88	+1,5	+1,1
4 15	21	45	9	be	1670 87 Leo	4,8	93 +	38	65 É	79	+2,0	-0,2
4 27	2	14	31	ki	3216 NSV 25798	6,8	31 -	12	59 D	220	+0,7	+2,2

## Évforduló

### 50 éve járt először ember az űrben

Jurij Alekszejevics Gagarin (1934–1968), a Szovjetunió Hőse járta meg elsőként a világűrt 1961. április 12-én. Gagarin érdeklődése már gyermekkorában a világűr és a bolygók felé irányult, és saját űrbéli utazásáról álmodozott. 1951-ben lép be a szarotovi repülőklubba, és megtanul könnyű repülőgépeket vezetni. Annyira megtetszik neki a repülés, hogy 1955-ben, a főiskola befejezése után jelentkezik az orenburgi katonai pilótaiskolába, ahol 1957-ben végez MIG-15-ös pilótaként. Gagarint 19 társával együtt 1960-ban válogatták be az orosz emberes űrprogramba. Képességei mellett alacsony termete is alkalmassá tette őt erre a feladatra (a Voszток űrhajó kabinjának kis mérete miatt). A jelöltek csapatának kiképzését Szergej Koroljov (1907–1966), az orosz űrkutatás vezéregyénisége irányította. A két nagyhatalom árgus szemekkel figyelte egymást, és „erőltetett menetben” folyt az emberes űrrepülés előkészítése. Konsztantyin Versinyin, a légierő marsallja olyan híreket kapott, miszerint az amerikaiak 1961. április 28-ig felbocsátják embert szállító első űreszközüket. Mint később ismertté vált, Robert Gilruth, az amerikai emberes űrprogram vezetője valóban fontolgatta, hogy a Redstone-rakéta 1961. március 24-re tervezett

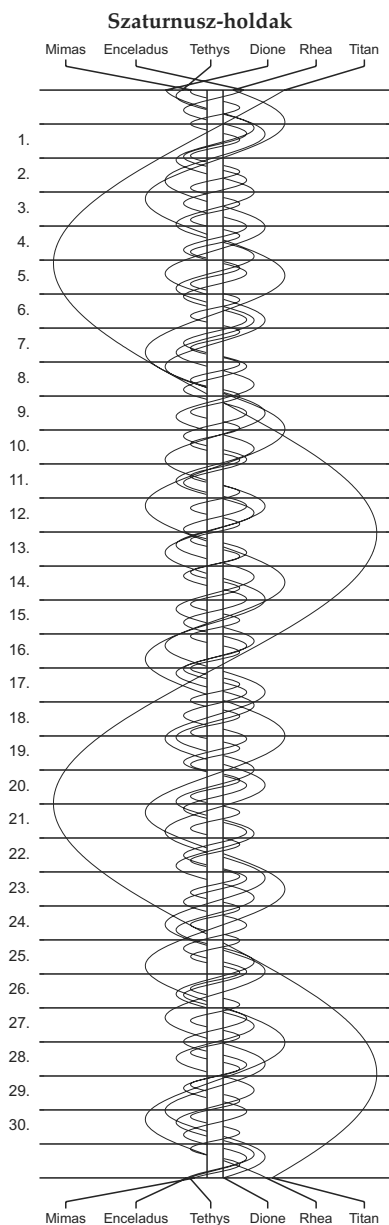
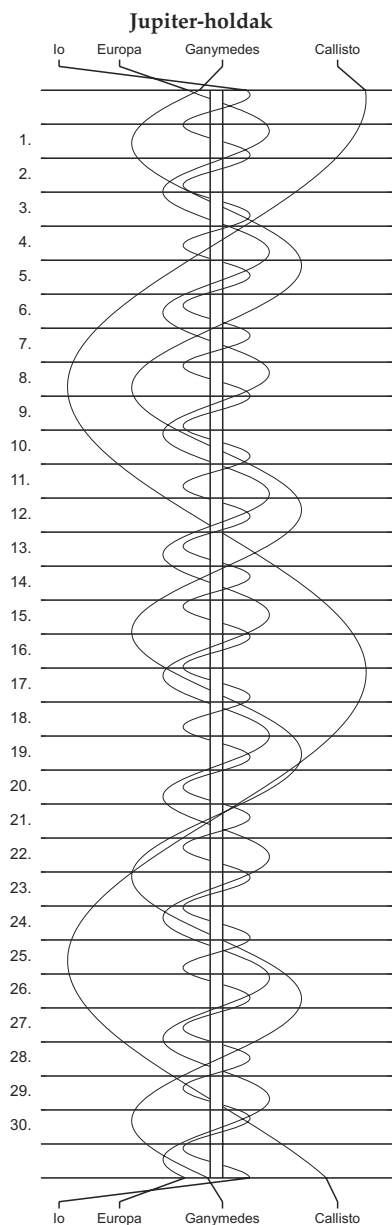




fellövésével ne csak egy üres Mercury kabin repüljön, hanem Alan Shepard is. Mint-hogy a Redstone hordozórakéta teljesítménye ekkor még nem volt elegendő a Föld körüli pálya eléréséhez, csak egy „útrugrás” lett volna kivitelezhető, így biztosítva Amerika űrbeli elsőségét. Wernher von Braun azonban ragaszkodott még egy utolsó biztonsági próbához. Ez fényesen sikerült, de ezzel előnyhöz jutott a Szovjetunió.

Jurij Gagarin a 4725 kg induló tömegű Voszток 3KA-3 (röviden Voszток-1) űrhajó fedélzetén közép-európai idő szerint 7:07-kor emelkedett fel a Földről, a bajkonuri űrrepülőtérről. Kabinjának pályára állásakor földközelsben 181 km, földtávolban 327 km magasságú, az egyenlítővel közel 65 fokban hajló ellipszispályán végzett egy keringést. A 89 perces keringési idejű pályán 7:22 körül Dél-Amerika, majd 8:15 körül Afrika fölött repült el. 8:25-kor kapcsoltak be a fékező rakéták, aminek hatására az űrhajó belépett a sűrűbb lég rétegekbe. Röviddel ezután levált a visszatérő kabin a műszaki egységről, és körülbelül 120 km magasságban felizzva süllyedt tovább. Nagyjából 6–7 km magasságban és körülbelül 800 km/h sebességnél lerobbantották a kabinajtót, és katapultálták az űrhajóst. Innentől az űrhajó kabinja és az űrhajós egymástól függetlenül ereszkedik és ér földet. Körülbelül 4 km-es magasságban Gagarinról levált a katapultülés is, és hagyományos ejtőernyővel ereszkedett tovább lefelé az űrhajós. Gagarin, akit űrrepülése közben őrnaggyá léptettek elő, 8:55-kor épségben ért földet Szmelovka falu kolhozának földjén. Elsőként Ivan Boriszenko, a Cskalov Központi Repülőklub sportbiztosa ért ki hozzá, 15–20 perccel Gagarin földet érése után.

Jurij Gagarin, a rokonszenves orosz fiatalember világhírévé vált, megnyerő karaktere, nyílt személyisége minden ország sajtóját rabul ejtette. Az akkori szocialista tábor országaiban intézmények, iskolák, közterületek százait nevezték el róla. Az űrhajósok pszichés felkészítése a későbbi hírnévvel járó kellemetlenségek elviselését is tartalmazta, és Gagarint megfelelően tartották ennek a tehernek az elviselésére is. Ennek ellenére egyre rosszabbul viselte „körülhordozását”, egyre többször fordult az alkoholhoz a belső feszültség feloldása miatt. Szeretett volna minél előbb újra repülni, azonban személye a szovjet vezetés számára fontosabb volt közszereplőként, mint űrhajósként. 1962-től a Legfelsőbb Tanács tagjává választják, de visszatér Csillagvárosba, és többször felhasználható űrhajók tervezésével foglalkozik. Sikerül elérnie, hogy 1967-ben az új típusú űrhajó (Szojuz-1) első útjára kijelölt Vlagyimir Komarov (1927–1967) tartalék pilótája legyen. A Szojuz-1 balesete után a további űrrepülésekre kijelölt űrhajósok kiképzésével bízták meg. Ezzel egyidejűleg ismét visszatért régi mesterségéhez is, az akkor még mindig hadrendben lévő MIG-15 vadászgép vezetéséhez. Egyik repülése során, 1968. március 27-én, kiképzőjével együtt halálos balesetet szenvedett. Gagarin halálát ugyanolyan titkolózás kísérte, mint űrrepülését, így találgatások sora kapott szárnyra, az öngyilkosságtól kezdve a politikai indíttatású, megrendelt merényletig. Csak 18 évvel később látott napvilágot az esetet feltáró tanulmány, miszerint egy a MIG-15-nél nagyobb méretű, SZU-11-es gép hajtóművének csóvájába kerültek, és ez vezetett a katasztrófához, valamint az időjárási viszonyok sem voltak kedvezőek. Gagarint a Kreml falánál temették el, a Szovjetunió hősei között. Emlékét a Hold túlsó oldalán egy 265 km átmérőjű kráter, illetve az (1772) Gagarin kisbolygó őrzi.



# CSILLAGÁSZATI SZAKKÖR

14-19 éveseknek  
a Polaris Csillagvizsgálóban

Foglalkozások csütörtökönként  
18.00-19.30h között,  
Szakkörvezető: Horvai Ferenc

Megismerheted a csillagképeket

Könnyen, hamar elsajátíthatod  
a távcsövek használatát

Előadások csillagászatról, űrkutatásról,  
aktuális égi eseményekről

Részese lehetsz a csillagászok  
fantasztikus közösségének  
(kirándulások, táborok stb.)



További információk: <http://polaris.mcse.hu>

e-mail: [polaris@mcse.hu](mailto:polaris@mcse.hu)

Cím: 1037 Budapest, III. kerület, Laborc u. 2/c



$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – május**

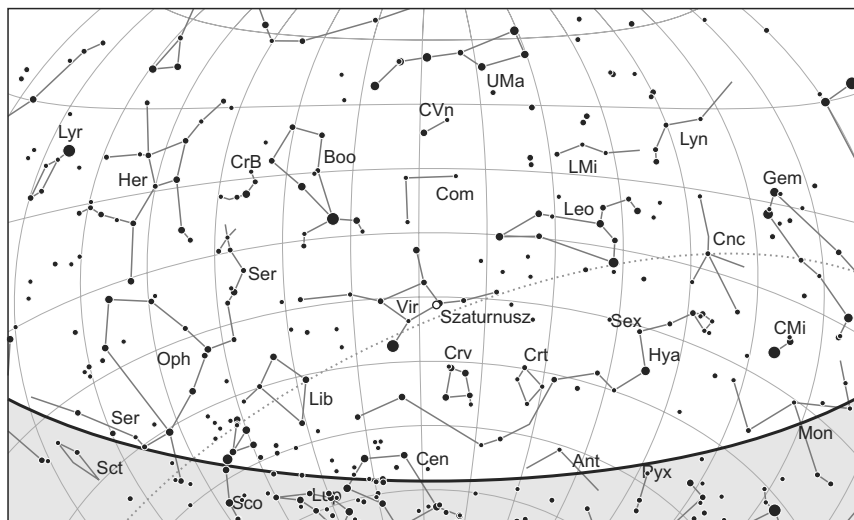
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. v 121. 18. hét	4 27	11 41	18 55	57,5	+2,8	3 14	10 13	17 25	
2. h 122.	4 26	11 41	18 56	57,9	+2,9	3 37	10 57	18 29	
3. k 123.	4 24	11 41	18 58	58,1	+3,0	4 04	11 44	19 33	● 7 51
4. sz 124.	4 23	11 40	18 59	58,4	+3,1	4 37	12 33	20 35	
5. cs 125.	4 21	11 40	19 01	58,7	+3,2	5 18	13 24	21 33	
6. p 126.	4 20	11 40	19 02	59,0	+3,3	6 07	14 17	22 25	
7. sz 127.	4 18	11 40	19 03	59,3	+3,4	7 05	15 10	23 09	
8. v 128. 19. hét	4 17	11 40	19 05	59,6	+3,5	8 10	16 03	23 46	
9. h 129.	4 15	11 40	19 06	59,8	+3,5	9 20	16 55	–	
10. k 130.	4 14	11 40	19 07	60,1	+3,6	10 34	17 46	0 17	☉ 21 33
11. sz 131.	4 12	11 40	19 09	60,4	+3,6	11 49	18 37	0 45	
12. cs 132.	4 11	11 40	19 10	60,6	+3,6	13 06	19 27	1 10	
13. p 133.	4 10	11 40	19 11	60,9	+3,7	14 25	20 18	1 34	
14. sz 134.	4 08	11 40	19 13	61,1	+3,7	15 45	21 11	1 59	
15. v 135. 20. hét	4 07	11 40	19 14	61,4	+3,7	17 06	22 07	2 27	
16. h 136.	4 06	11 40	19 15	61,6	+3,6	18 27	23 06	2 59	
17. k 137.	4 05	11 40	19 16	61,8	+3,6	19 43	–	3 39	○ 12 09
18. sz 138.	4 03	11 40	19 18	62,0	+3,6	20 50	0 07	4 27	
19. cs 139.	4 02	11 40	19 19	62,2	+3,6	21 46	1 07	5 24	
20. p 140.	4 01	11 40	19 20	62,5	+3,5	22 30	2 06	6 29	
21. sz 141.	4 00	11 40	19 21	62,7	+3,5	23 05	3 02	7 38	
22. v 142. 21. hét	3 59	11 40	19 22	62,9	+3,4	23 33	3 53	8 48	
23. h 143.	3 58	11 40	19 23	63,1	+3,3	23 57	4 40	9 55	
24. k 144.	3 57	11 40	19 25	63,2	+3,2	–	5 24	11 01	● 19 52
25. sz 145.	3 56	11 41	19 26	63,4	+3,1	0 18	6 06	12 05	
26. cs 146.	3 55	11 41	19 27	63,6	+3,1	0 38	6 47	13 08	
27. p 147.	3 54	11 41	19 28	63,8	+2,9	0 57	7 28	14 11	
28. sz 148.	3 53	11 41	19 29	64,0	+2,8	1 17	8 10	15 14	
29. v 149. 22. hét	3 53	11 41	19 30	64,1	+2,7	1 40	8 53	16 18	
30. h 150.	3 52	11 41	19 31	64,3	+2,6	2 06	9 39	17 22	
31. k 151.	3 51	11 41	19 32	64,4	+2,4	2 37	10 27	18 26	

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

## május

nap	Julían dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 683	14 34 18	A munka ünnepe; Fülöp, Jakab, Benedek, Berta, József
2.	2 455 684	14 38 15	Zsigmond, Ráhel
3.	2 455 685	14 42 11	Tímea, Irma, Antónia, Jakab, Sándor, Viola, Zsaklin
4.	2 455 686	14 46 08	Mónika, Flórián, Amália, Antónia, László
5.	2 455 687	14 50 05	Györgyi, Erna, Irén, Irina, Judit, Viola
6.	2 455 688	14 54 01	Ivett, Frida, Ditta, Friderika, Ida, János, Judit, Tamara
7.	2 455 689	14 57 58	Gizella, Dalma
8.	2 455 690	15 01 54	Mihály, Géza, Győző, Péter
9.	2 455 691	15 05 51	Gergely, Édua, Gergő, György, Karola, Kristóf, Sarolta
10.	2 455 692	15 09 47	Ármin, Pálma, Antónia, Armand, Míra
11.	2 455 693	15 13 44	Ferenc, Jakab
12.	2 455 694	15 17 40	Pongrácz, Dalma, Gyöngyi, Johanna, Viktor
13.	2 455 695	15 21 37	Szervác, Imola, Fatima, Gellért, Glória, Róbert, Roberta
14.	2 455 696	15 25 34	Bonifác, Aglája, Gyöngyi, Julianna
15.	2 455 697	15 29 30	Zsófia, Szonja, Döníz, Izóra, János
16.	2 455 698	15 33 27	Mózes, Botond, János, Simon
17.	2 455 699	15 37 23	Paszkál, Andor
18.	2 455 700	15 41 20	Erik, Alexandra, Erika, Kamilla, Klaudia, Szandra
19.	2 455 701	15 45 16	Ivó, Milán
20.	2 455 702	15 49 13	Bernát, Felícia, Hanna, Johanna
21.	2 455 703	15 53 09	Konstantin, András, Mirella
22.	2 455 704	15 57 06	Júlia, Rita, Emil, Julianna, Renáta
23.	2 455 705	16 01 03	Dezső, Renáta, Vilmos
24.	2 455 706	16 04 59	Eszter, Eliza, Mária, Simon, Szimonetta, Vince, Zsófia
25.	2 455 707	16 08 56	Orbán, Gergely, Gergő, György, Magdolna, Márk
26.	2 455 708	16 12 52	Fülöp, Evelin, Aladár, Gyöngyvér
27.	2 455 709	16 16 49	Hella, Ágoston, Gyula
28.	2 455 710	16 20 45	Emil, Csanád, Ágoston, Vilma, Vilmos
29.	2 455 711	16 24 42	Magdolna, Mária
30.	2 455 712	16 28 38	Janka, Zsanett, Dezső, Hanna, Johanna, Nándor
31.	2 455 713	16 32 35	Angéla, Petronella, Mária, Matild



*A déli égbolt május 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap folyamán napkelte előtt kísérlehető meg felkeresése a keleti ég alján. 7-én van legnagyobb nyugati kitérésben,  $26,6^\circ$ -ra a Naptól. Megfigyelésre azonban kedvezőtlen helyzetben van, mindössze fél órával kel a Nap előtt.

**Vénusz:** A hajnali keleti égen kereshető, erős fénye miatt könnyen megtalálható. Egész hónapban egy órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-3,9^m$ , átmérője  $11,6''$ -ről  $10,6''$ -re csökken, fázisa  $0,88$ -ról  $0,93$ -ra nő.

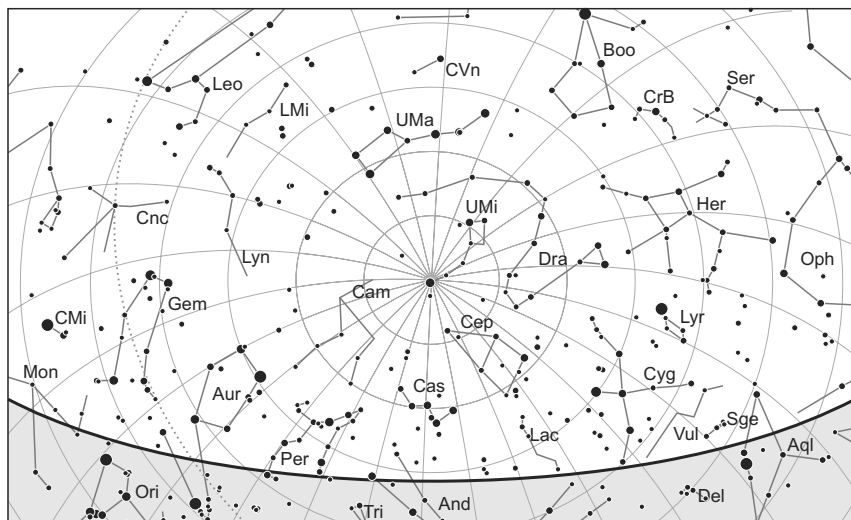
**Mars:** Előretartó mozgást végez a Halak, majd a Kos csillagképben. Egy órával kel a Nap előtt, a hajnali keleti ég alján látható. Fényessége  $1,2^m$ -ről  $1,3^m$ -ra, csökken, átmérője  $4,0''$ -ről  $4,1''$ -re nő.

**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. Egy órával kel a Nap előtt, feltűnően látszik a délkeleti ég alján. Fényessége  $-2,1^m$ , átmérője  $34''$ .

**Szaturnusz:** Egyre lassuló hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az éjszaka első felében látható, hajnalban nyugszik. Fényessége  $0,6^m$ , átmérője  $19''$ .

**Uránusz:** Kora hajnalban kel. A hajnali délkeleti ég alján, közel a látóhatárhoz kereshető a Halak csillagképben.

**Neptunusz:** Éjfél után kel. Hajnalban kereshető a Vízöntő csillagképben.



*Az északi égbolt május 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

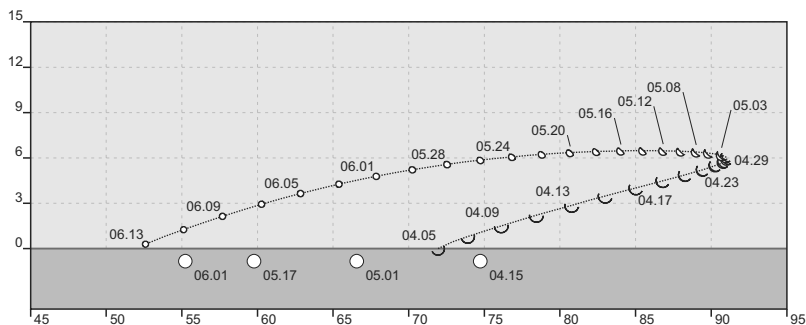
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

05.01	2:54	A 4%-os, csökkenő fázisú Holdtól 6,3°-ra délre látható a Merkúr (7,3°-ra délre a Vénusz)
05.01	3:03	A szabadszemes Merkúr, Vénusz, Mars, Jupiter és a halvány Uránusz bolygó, valamint a 4%-os, csökkenő fázisú holdsarló látványos együttállása
05.02	2:52	27 óra 59 perces holdsarló 1,7° magasan a hajnali égen (a Merkúrtól 14°-ra, a Vénusztól 16°-ra délkeletre)
05.03	6:51	Újhold (Hold az Aries csillagképben)
05.04	4:53	A Hold minimális librációja ( $l = -3,72^\circ$ , $b = -2,63^\circ$ )
05.04	18:34	35 óra 43 perces holdsarló 8° magasan az esti égen (a Fiastyúktól 2,5°-ra délre)
05.04	19:18	A 2%-os, növekvő fázisú Hold 2,8°-ra megközelíti a Fiastyúkot (M45 nyílthalmaz) a Taurus csillagképben
05.05	2:03	A (134340) Pluto törpebolygó (14,0 <sup>m</sup> ) mindössze 22"-re a HIP 90687-től (5,7 <sup>m</sup> )
05.05	18:11	A Hold súrolva elfedi a $\tau$ Taurit az északi pereme mentén (4,2 <sup>m</sup> , kettős-csillag, 6%-os, növekvő holdfázis)
05.05	19:20	A (11) Parthenope kisbolygó (10,5 <sup>m</sup> ) 11,3'-re északra az NGC 4636 galaxistól (9,5 <sup>m</sup> )
05.06	0:22	Az Éta Aquaridák meteorraj elhúzóódó maximuma (radiáns felkelőben, a Hold nem zavarja az észlelést)

**Dátum Időpont Esemény**

05.06	12:10	A Hold eléri legnagyobb deklinációját +23,0°-nál (10%-os, növekvő holdfázis)
05.07	19:05	A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (27° elongáció, 0,5 <sup>m</sup> , 8,1" átmérő, 42% fázis, Pisces csillagkép)
05.08	20:57	A Hold nyugati librációja (l = -7,07°)
05.10	20:33	Első negyed (Hold a Leo csillagképben)
05.10	23:27	A Hold maximális librációja (l = -6,12°, b = 6,56°)
05.12	2:36	A Vénusz és a Jupiter 42'-es közelsége a Naptól 26°-ra
05.12	14:41	A Merkúr dichotómiája (50% fázis, 26°-os nyugati elongáció, 7,4" látzó átmérő)
05.12	18:08	A Hold mögé belép a 62 Leonis (6,0 <sup>m</sup> , 71%-os, növekvő holdfázis)
05.12	21:50	A Hold mögé belép a 66 Leonis (6,8 <sup>m</sup> , 73%-os, növekvő holdfázis)
05.13	0:37	A Hold északi librációja (b = 7,66°)
05.15	11:33	A Hold földközeli (földtávolság: 362 153 km, látszó átmérő: 33'00", 94%-os, növekvő holdfázis)
05.17	1:42	A C/2009 P1 (Garradd)-üstökös 5'-re délre a 81 Aquariitól
05.17	11:09	Telehold (Hold a Libra csillagképben)
05.17	19:41	A (7) Iris kisbolygó (10,6 <sup>m</sup> ) 22'-re északra az M67 nyílthalmaztól
05.18	2:27	A Merkúr és a Vénusz 1,2°-os közelsége a Naptól 24°-ra
05.19	0:01	A Hold eléri legkisebb deklinációját -24,3°-nál (97%-os, csökkenő holdfázis)
05.20	1:36	A Hold mögül kilép az 1 Sagittarii (5,0 <sup>m</sup> , 91%-os, csökkenő holdfázis)
05.20	1:36	A C/2009 P1 (Garradd)-üstökös 14'-re nyugatra a 82 Aquariitól
05.20	19:47	A Hold keleti librációja (l = 6,90°)
05.20	22:51	A Hold mögül kilép az o Sagittarii (3,8 <sup>m</sup> , 85%-os, csökkenő holdfázis)
05.21	1:39	A 84%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 56"-re látható a $\pi$ Sagittarii (Al Baldah, 2,9 <sup>m</sup> )
05.21	2:23	A Merkúr 2° távolságra a Marstól, a Naptól 23°-os elongációban
05.23	1:27	Az (1) Ceres kisbolygó (9,2 <sup>m</sup> ) 12'-re délre az NGC 7727 galaxistól (10,7 <sup>m</sup> )

*A Merkúr a hajnali égen.*



**Dátum Időpont Esemény**

05.23	2:21	A Vénusz és a Mars 57°-es közelsége a Naptól 23°-os elongációban
05.24	18:52	Utolsó negyed (Hold az Aquarius csillagképben)
05.26	11:44	A Hold déli librációja ( $b = -6,44^\circ$ )
05.27	10:02	A Hold földtávolban (földtávolság: 404 970 km, látszó átmérő: $29'30''$ , 26%-os, csökkenő holdfázis)
05.29	2:15	A 13%-os, csökkenő fázisú Holdtól 6°-ra délkeletre látszik a Jupiter (19°-ra keletre a Mars, 22°-ra a Vénusz)
05.30	2:24	A Merkúr, a Vénusz, a Mars és a Jupiter, a felkelő Fiastryúk valamint a 8%-os, csökkenő fázisú holdsarló látványos együttállása
05.31	2:13	A 3%-os, csökkenő fázisú Holdtól 3,5°-ra délre látszik a Vénusz (5°-ra délnyugatra a Mars, 20°-ra a nyugatra a Vénusz)
05.31	2:13	42 óra 50 perces holdsarló 5° magasan a hajnali égen (a Vénusztól 3,5°-ra északra, a Marstól 5°-ra északkeletre, a Jupitertől 20°-kal keletre)

**Üstökösök**

**C/2009 P1 (Garradd).** Gordon Garradd, az ausztrál Siding Spring Survey egyik operátora fedezte fel mint csóva nélküli, 15" átmérőjű üstököst 2009. augusztus 13-án. Az akkor 17,5 magnitúdós, mélyen a déli égen járó üstököst több mint két évvel napközelsége előtt sikerült megtalálnia. Az égitest december 23-án éri el a Mars távolságában húzódó napközelpontját, amikor nagy pályahajlása miatt már az északi égen fog látszani. A számítások szerint fényessége ekkor elérheti a 7–8 magnitúdót, így az évkönyv nyomdába kerülésekor ismert vándorok közül ez lesz az év üstököse. Májusban azonban még csak 11–12 magnitúdós üstökösként láthatjuk a hajnali égen, a  $\lambda$  Aquariitól 2 fokkal keletre. Az észak felé haladó vándor 17-én hajnalban 2 ívpercre megközelíti a 6,2 magnitúdós 81 Aquariit.

**C/2009 P1 (Garradd)**

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	$\Delta$ (CSE)	r (CSE)	E (°)	$m_v$ (m)
05.01.	22 57 28	-09 50 59	3,765	3,348	58	12,1
05.06.	22 59 00	-09 00 48	3,641	3,299	63	12,0
05.11.	23 00 15	-08 09 29	3,514	3,250	67	11,8
05.16.	23 01 10	-07 16 53	3,385	3,202	71	11,7
05.21.	23 01 45	-06 22 46	3,253	3,153	75	11,5
05.26.	23 01 54	-05 26 54	3,120	3,104	80	11,4
05.31.	23 01 35	-04 29 04	2,985	3,055	84	11,2
06.05.	23 00 44	-03 28 56	2,850	3,006	89	11,1
06.10.	22 59 15	-02 26 12	2,715	2,957	94	10,9
06.15.	22 57 03	-01 20 27	2,581	2,908	98	10,7
06.20.	22 54 02	-00 11 17	2,448	2,860	103	10,5
06.25.	22 50 05	+01 01 43	2,318	2,811	109	10,3
06.30.	22 45 03	+02 18 56	2,191	2,763	114	10,1

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	$\Delta$ (CSE)	r (CSE)	E (°)	$m_v$ (m)
07.05.	22 38 46	+03 40 43	2,069	2,714	119	9,9
07.10.	22 31 05	+05 07 15	1,952	2,666	125	9,7
07.15.	22 21 50	+06 38 33	1,842	2,618	130	9,5
07.20.	22 10 51	+08 14 11	1,741	2,570	136	9,3
07.25.	21 57 59	+09 53 05	1,650	2,522	141	9,1
07.30.	21 43 10	+11 33 27	1,571	2,475	145	8,9
08.04.	21 26 25	+13 12 35	1,505	2,428	148	8,7
08.09.	21 07 56	+14 47 03	1,453	2,381	149	8,6
08.14.	20 48 03	+16 13 04	1,417	2,334	147	8,4
08.19.	20 27 18	+17 26 56	1,396	2,288	143	8,3
08.24.	20 06 18	+18 25 58	1,392	2,243	137	8,2
08.29.	19 45 45	+19 08 58	1,401	2,198	131	8,2
09.03.	19 26 15	+19 36 32	1,424	2,154	124	8,1
09.08.	19 08 16	+19 50 41	1,458	2,110	117	8,1
09.13.	18 52 04	+19 54 10	1,501	2,068	110	8,0
09.18.	18 37 46	+19 49 55	1,551	2,026	103	8,0
09.23.	18 25 22	+19 40 39	1,605	1,985	96	8,0
09.28.	18 14 45	+19 28 43	1,662	1,945	90	8,0
10.03.	18 05 46	+19 16 04	1,720	1,906	85	8,0
10.08.	17 58 15	+19 04 12	1,778	1,869	79	8,0
10.13.	17 52 01	+18 54 08	1,834	1,833	74	7,9
10.18.	17 46 54	+18 46 37	1,888	1,799	69	7,9
10.23.	17 42 45	+18 42 13	1,937	1,766	65	7,9
10.28.	17 39 25	+18 41 27	1,982	1,735	61	7,9
11.02.	17 36 48	+18 44 41	2,021	1,706	57	7,8
11.07.	17 34 47	+18 52 15	2,054	1,679	54	7,8
11.12.	17 33 15	+19 04 23	2,080	1,654	51	7,8
11.17.	17 32 09	+19 21 22	2,100	1,631	49	7,7
11.22.	17 31 23	+19 43 31	2,112	1,612	47	7,7
11.27.	17 30 54	+20 11 15	2,117	1,594	46	7,7
12.02.	17 30 39	+20 45 00	2,114	1,580	45	7,6
12.07.	17 30 33	+21 25 16	2,103	1,568	45	7,6
12.12.	17 30 32	+22 12 34	2,084	1,559	45	7,5
12.17.	17 30 35	+23 07 38	2,058	1,554	47	7,5
12.22.	17 30 36	+24 11 18	2,024	1,551	48	7,4
12.27.	17 30 34	+25 24 40	1,984	1,551	50	7,4

## Kisbolygók

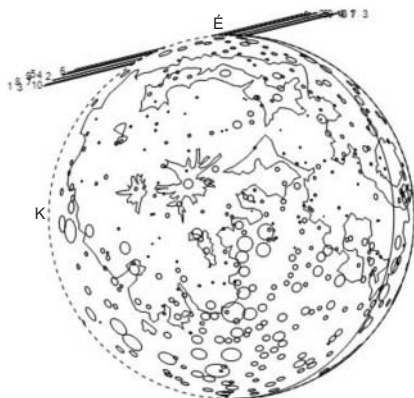
**(4) Vesta.** Az egyetlen szabad szemmel is látható kisbolygót Heinrich Olbers fedezte fel 1807 márciusában, egy nap híján pontosan öt évvel a Pallas megtalálása után, ráadásul alig 1 fokra attól a helytől, ahol első kisbolygóját találta. Ekkor már majd' három éve nem találtak új planétát, ám Olbers nem adta fel a keresést. Az első három

aszteroida pályája ugyanis a Virgo csillagképben látszott metszeni egymást, így a német amatőrcsillagász úgy gondolta, hogy itt történt az eredeti égitest szétszakadása, így a többi törmelék is rendszeresen áthalad ezen a helyen. Ezért éveken át minden hónapban átvizsgálta a Virgo és az égbolton 180 fokkal átellenben lévő Cetus csillagkép megfelelő tartományait. A zseniális meglátás eredménye lett a Vesta. Az idei szembenállása fényesség szempontjából igen kedvezően alakul, ami számunkra azt jelenti, hogy alacsonyan kell észlelnünk. Sajnos éppen olyan a pályahelyzete, hogy napközelségei a földi nyár időszakára esnek, amikor az ekliptika tőlünk nézve alacsonyan látszik. Ebben a hónapban még kelet felé mozog a Capricornusban, 13-án hajnalban 11 ívperce északra láthatjuk a 4,1 magnitúdós  $\theta$  Capricornitól, míg 30-án hajnalban néhány ívpercre megközelíti a 4,3 magnitúdós  $\iota$  Capricornit. Fényessége 7,3 és 6,9 magnitúdó között növekszik.

**(10) Hygiea.** Alig 20 fokos horizont feletti magasságban kell észlelnünk ezt a Libra déli részén nyugat felé mozgó kisbolygót, amely a hónap első felében éri el szembenállását. Fényessége ekkor 9,1 magnitúdó lesz, a hónap elején és végén 9,5 magnitúdósak észlelhetjük. 3-án este 13 ívperccel északra halad el a 13 magnitúdós IC 4538 galaxistól, 22-én este pedig 10 ívperce délre kell keresnünk a 6,1 magnitúdós HD 133670 csillagtól.

## 2011. május 5. $\tau$ Tauri súroló fedés

2011. május 5-én napnyugta, azaz 18 óra UT után néhány perccel egy fényes csillag, a 4,3 magnitúdójú  $\tau$  Tauri súroló fedésére kerül sor. A jelenség megfigyelését az erős szürkület nagyon fogja zavarni, de az alig 6%-os holdsarló mellett körülbelül 10 cm-es távcsővel már nem okozhat gondot a csillag megpillantása és a súroló fedés nyomon követése. A sáv, ahol a csillag épp a Hold peremén halad végig, nagyjából a Pozsony–Győr–Tatabánya–Kecskemét–Arad vonalra esik, tehát ettől délre rövid, de teljes fedést, északra pedig csak szoros közelítést láthatunk majd. Bízva a májusi derültben, mindenképp biztatunk a jelenség megfigyelésére!



A  $\tau$  Tauri súroló fedése 2011. május 5-én.



A súroló fedés határvonala.

### A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrektció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
5	6	19	45	12	be	77418	7,7	12 + 14	79 É	78	+0,0	-1,1
5	6	19	50	38	be	77410	8,8	12 + 13	41 É	40	+0,6	+0,0
5	6	19	53	56	be	77427	8,7	12 + 12	63 D	117	-0,3	-1,7
5	6	19	54	3	be	861	6,4	12 + 12	48 É	47	+0,4	-0,4
5	6	20	9	51	be	77442	8,3	12 + 10	89 D	90	-0,2	-1,3
5	7	18	55	37	be	78529	8,0	19 + 30	42 É	47	+1,3	+0,0
5	7	19	18	2	be	78542	8,7	19 + 26	61 É	66	+0,7	-0,9
5	7	21	8	5	be	78626	8,5	20 + 8	84 É	90	-0,2	-1,3
5	7	21	32	5	be	78632	7,4	20 + 4	30 D	156	-0,8	-2,1
5	8	19	50	10	be	1142	8,0	28 + 27	53 D	138	+0,0	-2,2
5	8	20	23	26	be	97018	8,1	28 + 22	72 D	119	+0,1	-1,8
5	8	21	30	46	be	97072	7,7	29 + 11	86 D	105	-0,2	-1,5
5	12	21	0	0	be	138004	7,5	72 + 32	60 É	80	+1,5	-0,9
5	12	21	49	46	be	1620 66 Leo	6,8	73 + 25	47 D	153	+0,5	-2,2
5	14	19	52	11	be	157613	7,4	90 + 31	71 É	86	+1,9	+0,3
5	14	20	10	24	be	1858	6,3	90 + 31	82 É	97	+1,7	-0,1
5	20	1	36	26	ki	2630 1 Sgr	5,0	91 – 19	21 D	200	+1,0	+1,4
5	20	22	51	14	ki	2779 o Sgr	3,8	85 – 9	43 D	215	+1,4	+2,2
5	25	1	22	29	ki	3290	7,3	47 – 19	63 É	275	+1,1	+1,5
5	28	1	28	34	ki	109333	8,1	21 – 11	79 D	239	+0,0	+1,9

### Évforduló

#### 300 éve született Rudjer Bošković dalmát fizikus, filozófus, polihisztor

Rudjer Josip Bošković Dubrovnikban született 1711. május 18-án egy kereskedő család hetedik gyermekeként. Több testvéréhez hasonlóan őt is jezsuiták tanították kisiskolás korában, majd 14 évesen Rómában folytatta tanulmányait. Fizikát és matematikát tanul a Római Kollégiumban (a Pápai Egyetemen). E tudományokban olyan ragyogó tudásra tesz szert, hogy 1740-től már az egyetem matematikaprofesszorává nevezik ki. Már néhány évvel e pozíciójának elnyerése előtt nevet szerzett azáltal, hogy a napfoltok észlelése segítségével új módszerrel határozta meg a Nap tengelyforgási idejét és egyenlítőjének helyzetét. A professzori pozíció feladatai mellett talált időt saját kutatásaira is, szinte a fizikai tudományok valamennyi területén – és rengeteg tanulmányt írt eredményeiről. Többek között a Merkúr-átvonulás, az északi fény, a Föld alakja, az árapály, csillagok megfigyelése, a földi gravitáció egyenetlenségei, a távcsövek matematikai elmélete, a csillagászati észlelések bizonytalansági korlátai, az üstökösök, valamint a gömbi geometria problémái voltak vizsgálata tárgyai. 1742-ben XIV. Benedek pápa javaslatára kikéri a véleményét a Szent Péter bazilika megrepedt kupolájának stabilizálása kérdésében. Bošković javaslatára öt koncentrikus vaspánttal orvosolták a problémát. 1758-ban Velencében nyomtatja ki atomelméletét és az erők elméletét is tartalmazó híres munkáját,



*Bošković arcképe az 50 kunás bankjegyen.*

a „Theoria Philosophiae Naturalis...”-t. Amint Werner Heisenberg 200 évvel később méltatta: legmesszebbre mutató eredménye Boškovićnak az erőter fogalmának bevezetése. Niels Bohr hasonlóképpen hangsúlyozta, hogy Bošković munkáiból több mint száz éven át táplálkoztak a legnagyobb fizikusok. Időközben diplomáciai feladatokat is ellát, különböző megbízásokból, egyik ilyen útján Londonban a Királyi Tudományos Társaság is tagjai sorába választja. Ez idő tájt olyan neves tudósokkal találkozik, mint Bradley, Lord Kelvin, vagy az amerikai Benjamin Franklin. 1761-ben Európa csillagászai a Vénusz Nap előtti átvonulásának észlelésére készülnek – Bošković a Királyi Társaság hatására Isztambulba utazik, de hajója viharba kerül, és későn érkezik – eredeti célja helyett Trója romjait tanulmányozza. Itáliába visszatérve megalapítja és felépíti a Brera Observatóriumot (Milánó mellett), és egyúttal annak első igazgatója is lesz. 1769-ben ismét Vénusz-átvonulás észlelésére akarja a Királyi Társaság kiküldeni Kaliforniába. Ezt azonban megakadályozta a spanyol kormányzat határozata a jezsuiták kiutasításáról. Boškovićnak is sok ellensége volt, emiatt gyakran változtatta lakhelyét. 1772-ben Bécs szimpátiáját elveszti (saját brerai munkatársainak intrikája miatt, bár később helyreállítja reputációját), és távozik a csillagvizsgáló éléről (helyét Lagrange veszi át). Európa több nagyvárosában jezsuitaként üldöztetésben lett volna része, ezért 1773-ban éppen szülővárosába készült (végleg) visszavonulni, amikor elérte rendje feloszlásának híre. A létbizonytalanság arra kényszerítette, hogy elfogadja a francia király meghívását Párizsba, ahol a tengerészeti optika igazgatója lett, 8000 font díjazással. Tíz évet töltött e pozícióban, közben igyekezett folytatni a tudományos ismeretszerzést, és számos figyelemre méltó munkát publikált. Ezek között volt az üstökösök pályájának három észlelésből történő elegáns meghatározási módszere, egy mikrométer és az akromatikus távcső kifejlesztésére irányuló munkái. Laplace Bošković halála után két évvel a pályaszámítási feladat további kidolgozása során felhasználja Bošković eredményeit. A munkára végül Gauss – aki Bošković csodálója volt – teszi fel a koronát 50 évvel később, matematikai formába öntve a problémát. A Föld valódi alakjának első meghatározójaként is tekinthetjük Boškovićot: elvetette az ellipszoid alakot is, és olyan megoldást adott, amely hasonlít a ma elfogadott geoidra. Tudományos nézeteltérései, családi gondjai, létező és nem léte-

ző problémák örlik fel teljesen, míg végül 1787. február 13-án meghalt. Szellemi öröksége évszázadokra hatott: például atomelmélete, amely a newtoni mechanikát felhasználó, precízen formulákba öntött rendszer, Michael Faraday-t az elektromágneses kölcsönhatások elméletének kidolgozására inspirálta. Sokan azt is állítják, hogy Albert Einstein egységes térelméletének alapjául is az ő eredményei szolgáltak. Minthogy korának vezető tudósai Laplace, Lagrange és Lavoisier voltak, halála nem igazán rendítette meg az akkori tudományos világot – egy későbbi szép gondolat szerint amiatt, hogy ő sokkal inkább a jövő tudósa volt, semmint saját koráé. Bošković soknemzetiségű területen született és élt – apja révén szláv származású, anyja révén olasz. A legnagyobb horvátországi kutatóintézet Bošković nevét viseli, és az 50 kunás bankjegyen is ő arcképe látható.

Nevét viseli egy 46 km átmérőjű holdkráter és a 14361-es sorszámu kisbolygó.

### A Boscovich kráter

A Boscovich nem tartozik a legnépszerűbb holdi alakzatok közé, aminek oka abban rejlik, hogy viszonylag nehezen azonosítható. A telő Holdon első negyed környékén válik láthatóvá mint a hatalmas Julius Caesar kráter kisebb „kiadása”. A Julius Caesar a Mare Tranquillitatis nyugati szélén fekszik, és ennek a kráternek az azonosítása igazán nem okozhat gondot. Ha megtaláltuk, akkor csak egy kráterátmérőnyit kell nyugatra haladnunk, hogy elérjünk a Boscovich-ig. A Boscovich kissé elnyúlt, szabálytalan alakú, romos falszerkezetű kráter. Átmérője 46 km, mélysége 1800 méter. A kráter jóval az Imbrium-medence kialakulása előtt keletkezett, talán a Hold fejlődéstörténetének legkorábbi, úgynevezett pre-nectari-korszakában. Ez a periódus a Hold kialakulása (4,6 milliárd év) és a Mare Nectaris medencéjét létrehozó becsapódás (3,92 milliárd év) közötti szakasz. A Boscovich és természetesen a Julius Caesar kráter lepusztult kinézetéért is a 3,85 milliárd évvel ezelőtti, a Mare Imbrium medencéjét létrehozó becsapódást követő gigászi robbanás a felelős. A kidobott törmelék lerombolta vagy eltemette az útjába kerülő krátereket. A Boscovich szinte a felismerhetetlenségig megváltozott. A kráterfal délnyugati része majdnem teljesen eltűnt, a kráter alja részben betemetődött. Az északi falrész is igen romos, ráadásul két kisebb, másodlagos kráter telepedett a megmaradt falakra, ezek közül a könnyebben látható az F jelzést kapta. Egyedül a délkeleti falból maradt meg viszonylag ép állapotban egy kisebb rész, ami a reggeli/délelőtti napállásnál jellegzetes árnyékot vet a kráter aljára. Ami igazán érdekessé teszi a gondos megfigyelő számára ezt a krátert, az a sötét, bazaltos lávával feltöltött kráterfenék és az azt keresztűlszelő kicsiny rianás. A Boscovich-rianás észlelése legalább 8 cm-es távcsövet követel. Magas napállásnál a kráter alja egyike a Hold legsötétebb alakzatainak, így kisebb műszerekkel is feltűnő.



A romos Boscovich kráter Molnár Péter felvételén.

## Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
13	2:22,8	Io	áv
20	2: 5,4	Io	ák
21	2:15,5	Io	mv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

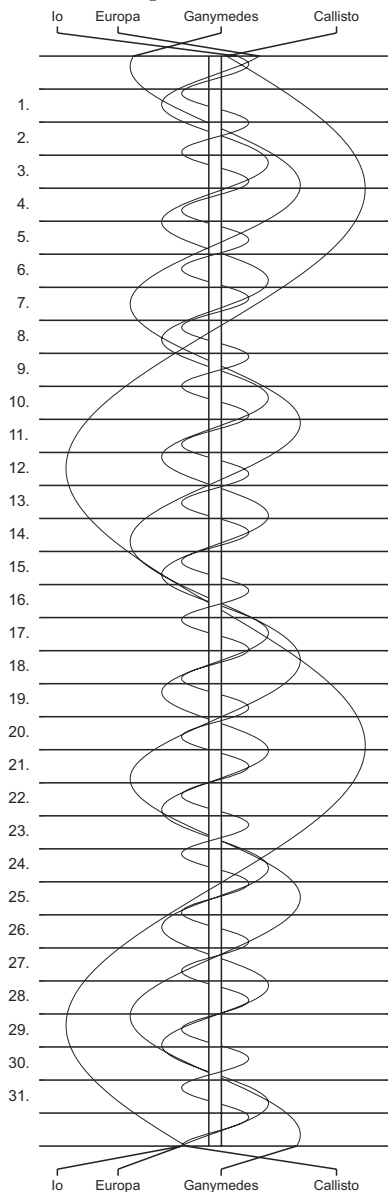
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

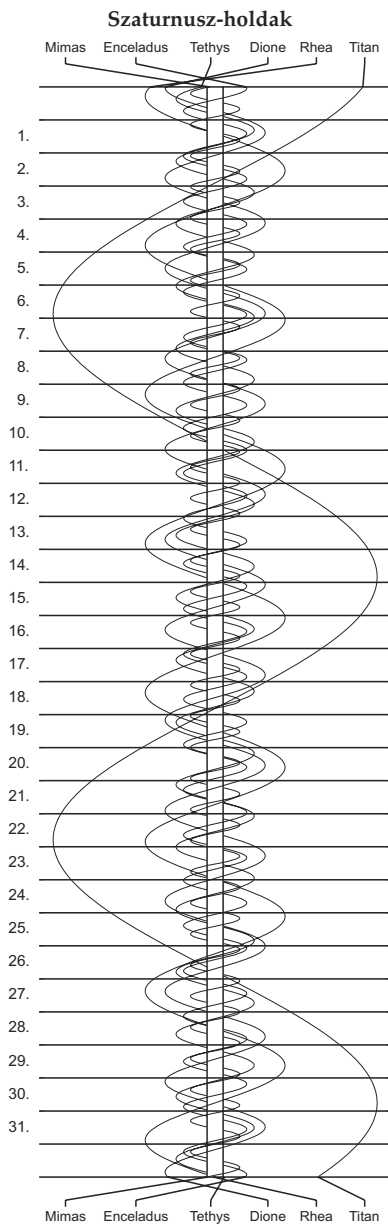
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

## Jupiter-holdak







## Meteorrajok

**Éta Aquaridák.** Aki látta már az Éta Aquaridák meteorraj maximumát, az elmondhatja magáról, hogy nem egyszeri meteoros, hanem igazi észlelő. Az Aquarius ugyanis május elején igencsak hajnali csillagkép, így az innen érkező meteorok is csak az éjszaka utolsó óráiban, a pirkadatot megelőzően látszanak. A látvány azonban megéri a fáradságot, mivel az alacsony rádiásmagasság miatt a meteorok nagyon hosszan, több másodpercig repülnek a légkörben, és sokáig látszó maradandó nyomot hagynak. A jellemzően sárgás meteorok hajnali 3 körül kezdenek hullani kelet felől.

A raj története 1863-ban kezdődött, amikor Hubert A. Newton ősi rajok adatait vizsgálta. Ekkor figyelt fel az április végi, május eleji aktív periódusra, ami megérdemelné a figyelmet. Egészen Kr.u. 401-ig visszamenően talált feljegyzéseket a raj jelentkezéséről. Hivatalosan 1870-ben fedezte fel G. L. Tupman, majd 1876-ban Alexander S. Herschel felismerte, hogy az áramlat kapcsolatban van a Halley-üstökössel, mivel földünk május 4-én közelíti meg legjobban a kométa pályáját, az elméletileg számol rádiáns pedig pont az Aquariusba esik. Később a meteorok pályaelemeit is az üstökössel egyezőnek találták, amely már sok ezer éve kering a belső Naprendszerben. Ezért lehet megfigyelni olyan régóta a rajt, ezért annyira komplex a szerkezete és ezért tart a jelentkezése egy hónapon át. Az évszázadok alatt az üstökösből kiszabadult porszemek már nagyon szétszóródtak, az újabb és újabb napközelségek alakmával kidobódó porfelhők pedig

rengeteg kisebb-nagyobb sűrűsödést hoztak létre az áramlatban. Egy öreg meteorrajjal van dolgunk, melynek minden egyes tagja a Halley-üstökös egy-egy darabkája, így aki 1986-ban nem látta a nevezetes kométát, némi kárpótlásként május eleji hajnalokon láthatja elégni apró darabkáit a Föld légkörében.

A legújabb elemzések szerint az Éta Aquaridák jelentkezése április 19-től május 28-áig is elhúzódhat. A maximum időpontja május 3-a és 10-e között bárhol lehet, az idén május 6-án hajnalra várható. Ahogy a Halley-üstökös mozgását, úgy a meteoroidok mozgását is elsősorban a Jupiter befolyásolja, így az aktivitás menetében 12 éves periodicitást lehet felismerni. A legutóbbi aktív periódus 2008–2010-ben volt, amikor a ZHR értéke elérte a 60–80-at. Mivel 2007-ben 50 körül volt, az idén is ennyit várhatunk, azonban az alacsony rádiásmagasság miatt mi óránként 10–15 meteornál nem láthatunk többet. Ezek látványa mindenképpen megéri, hogy május elején egy-két hajnalt az ég alatt töltsünk.



*A Halley-üstökös 1986 márciusában (Brian Carter felvétele)*

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – június**

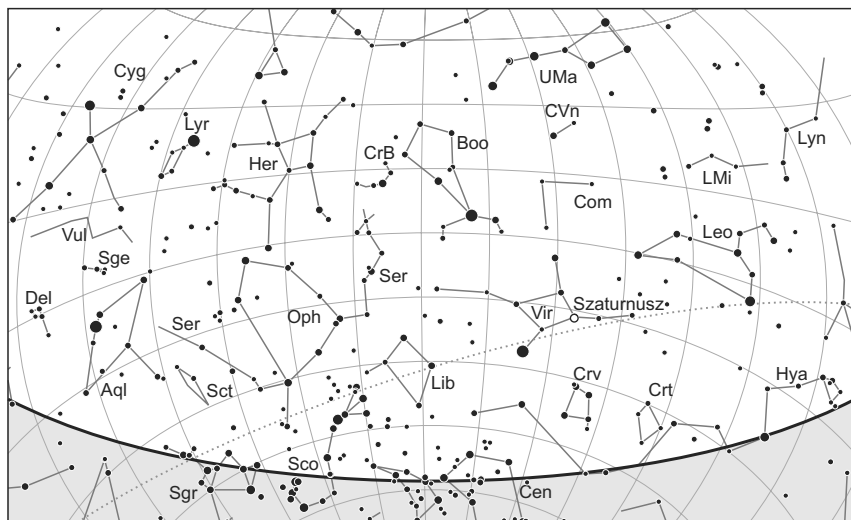
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold					fázis
	kel	delel	nyugszik	$h_d$	$E_t$	kel	delel	nyugszik			
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m		h m	
1. sz 152.	3 50	11 41	19 33	64,5	+2,3	3 15	11 18	19 26	●	22 03	
2. cs 153.	3 50	11 42	19 34	64,7	+2,1	4 02	12 11	20 20			
3. p 154.	3 49	11 42	19 35	64,8	+2,0	4 58	13 05	21 08			
4. sz 155.	3 49	11 42	19 36	64,9	+1,8	6 02	13 59	21 47			
5. v 156.	3 48	11 42	19 36	65,0	+1,6	7 12	14 52	22 21			
23. hét											
6. h 157.	3 48	11 42	19 37	65,1	+1,5	8 25	15 43	22 49			
7. k 158.	3 47	11 42	19 38	65,2	+1,3	9 39	16 34	23 14			
8. sz 159.	3 47	11 43	19 39	65,3	+1,1	10 55	17 23	23 38			
9. cs 160.	3 47	11 43	19 39	65,4	+0,9	12 11	18 13	–	☉	3 11	
10. p 161.	3 46	11 43	19 40	65,5	+0,7	13 28	19 04	0 02			
11. sz 162.	3 46	11 43	19 41	65,6	+0,5	14 46	19 57	0 28			
12. v 163.	3 46	11 43	19 41	65,7	+0,3	16 05	20 53	0 58			
24. hét											
13. h 164.	3 46	11 44	19 42	65,7	+0,1	17 21	21 51	1 33			
14. k 165.	3 46	11 44	19 42	65,8	–0,1	18 32	22 51	2 16			
15. sz 166.	3 45	11 44	19 43	65,8	–0,3	19 33	23 50	3 08	○	21 14	
16. cs 167.	3 45	11 44	19 43	65,8	–0,5	20 22	–	4 09			
17. p 168.	3 45	11 44	19 44	65,9	–0,7	21 02	0 48	5 17			
18. sz 169.	3 45	11 45	19 44	65,9	–0,9	21 33	1 41	6 28			
19. v 170.	3 46	11 45	19 44	65,9	–1,2	21 59	2 31	7 38			
25. hét											
20. h 171.	3 46	11 45	19 45	65,9	–1,4	22 22	3 18	8 45			
21. k 172.	3 46	11 45	19 45	65,9	–1,6	22 42	4 01	9 51			
22. sz 173.	3 46	11 46	19 45	65,9	–1,8	23 01	4 43	10 55			
23. cs 174.	3 46	11 46	19 45	65,9	–2,0	23 21	5 24	11 58	●	12 48	
24. p 175.	3 47	11 46	19 45	65,9	–2,3	23 43	6 05	13 01			
25. sz 176.	3 47	11 46	19 45	65,9	–2,5	–	6 48	14 04			
26. v 177.	3 47	11 46	19 45	65,9	–2,7	0 07	7 32	15 08			
26. hét											
27. h 178.	3 48	11 47	19 45	65,8	–2,9	0 36	8 19	16 12			
28. k 179.	3 48	11 47	19 45	65,8	–3,1	1 11	9 09	17 14			
29. sz 180.	3 49	11 47	19 45	65,7	–3,3	1 54	10 02	18 12			
30. cs 181.	3 49	11 47	19 45	65,7	–3,5	2 46	10 56	19 02			

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

## június

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 714	16 36 32	Tünde, Angéla, Hortenzia
2.	2 455 715	16 40 28	Kármén, Anita, Ábel, Csilla, Irma, Jenő, Kornél, Péter
3.	2 455 716	16 44 25	Klotild, Cecília, Kevin
4.	2 455 717	16 48 21	Bulcsú, Fatima, Fatime, Ferenc
5.	2 455 718	16 52 18	Fatime, Fatima, Nándor, Valéria
6.	2 455 719	16 56 14	Norbert, Cintia, Artemisz, Felícia, Klaudia, Kolos
7.	2 455 720	17 00 11	Róbert
8.	2 455 721	17 04 07	Medárd, Ágnes, Helga, Izabella, Vilmos
9.	2 455 722	17 08 04	Félix, Annamária, Diána, Előd
10.	2 455 723	17 12 00	Margit, Gréta, Diána, Gitta
11.	2 455 724	17 15 57	Barnabás, Etelka, Roxána
12.	2 455 725	17 19 54	Pünkösöd; Villő, Etelka, János
13.	2 455 726	17 23 50	Pünkösöd; Antal, Anett
14.	2 455 727	17 27 47	Vazul
15.	2 455 728	17 31 43	Jolán, Vid, Ábrahám, Bernát, Izolda, Viola, Violetta
16.	2 455 729	17 35 40	Jusztin, Ferenc, Jusztina, Péter
17.	2 455 730	17 39 36	Laura, Alida, Alinka, Terézia
18.	2 455 731	17 43 33	Arnold, Levente, Dolóresz, Márk
19.	2 455 732	17 47 29	Gyárfás, Hajnalka, Julianna, Liána, Mihály, Rómeó
20.	2 455 733	17 51 26	Rafael, Benigna, Koppány, Margit
21.	2 455 734	17 55 23	Alajos, Leila, Lejla, Lujza, Olga
22.	2 455 735	17 59 19	Paulina, Ákos, Kriszta, Krisztina, Tamás
23.	2 455 736	18 03 16	Zoltán, Édua
24.	2 455 737	18 07 12	Iván, Beáta, János, Levente
25.	2 455 738	18 11 09	Vilmos, Vilma, Viola, Violetta
26.	2 455 739	18 15 05	János, Pál, Dávid, Örs
27.	2 455 740	18 19 02	László, Olga
28.	2 455 741	18 22 58	Levente, Irén, Gyula, Irina, Laura, Marcella, Tivadar
29.	2 455 742	18 26 55	Péter, Pál, Aladár, Aliz, Beáta, Ditta, Emma, Petra
30.	2 455 743	18 30 52	Pál, Ditta, Judit



*A déli égbolt június 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap első felében nem látható, 12-én jut felső együttállásba a Nappal. 20-a után ismét kereshető az esti ég alján, röviddel napnyugtá után. Láthatósága fokozatosan javul, a hónap végén már egy és negyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége viszont lassan csökken, nehezítve megtalálását.

**Vénusz:** A hajnali keleti égbolt ragyogó égiteste. Noha egyre közelebb látszik a Naphoz, az ekliptika látóhatárhoz viszonyított növekvő szöge miatt láthatósága nem változik számottevően. A hónap folyamán egy órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-3,9^m$ , átmérője  $10,6''$ -ről  $10''$ -re csökken, fázisa  $0,94$ -ről  $0,97$ -ra nő.

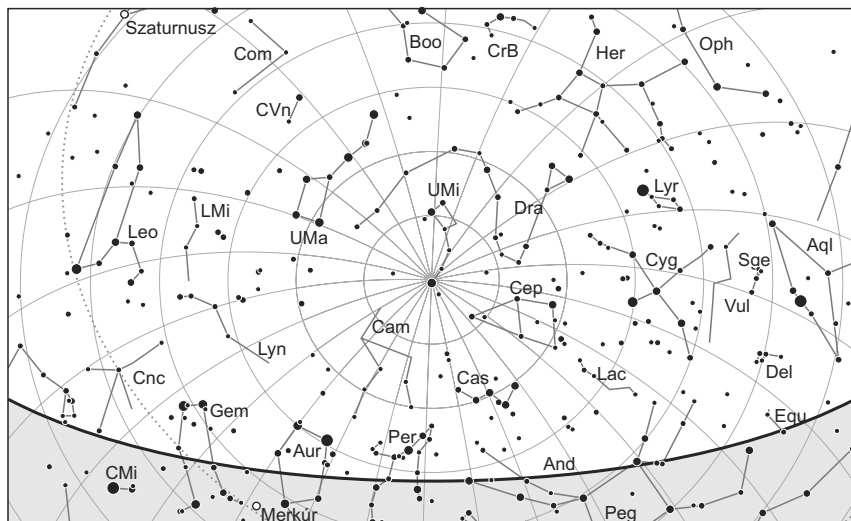
**Mars:** Előretartó mozgást végez a Kos, majd a Bika csillagképben. Másfél órával kel a Nap előtt. A hajnali keleti ég alján kereshető. Tovább halványodik, fényessége  $1,3^m$ -ről  $1,4^m$ -ra csökken, átmérője  $4,1''$ -ről  $4,2''$ -re nő.

**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Halak majd a Kos csillagképben. Hajnalban kel, az éjszaka második felében a délkeleti égbolt feltűnő égiteste. Fényessége  $-2,2^m$ , átmérője  $36''$ .

**Szaturnusz:** Hátráló, majd 14-étől előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az éjszaka első felében látható, éjfél után nyugszik. Fényessége  $0,8^m$ , átmérője  $18''$ .

**Uránusz:** Éjfél után kel, az éjszaka második felében látható a Halak csillagképben.

**Neptunusz:** Éjfél körül kel, az éjszaka második felében kereshető a Vízöntő csillagképben. 3-án előretartó mozgása hátrálóba vált.



*Az északi égbolt június 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

06.01	21:03	Újhold (Hold a Taurus csillagképben)
06.02	0:25	A 27P/Crommelin-üstökös $1,4^\circ$ -ra keletre az M33 galaxistól
06.02	11:02	A Hold eléri legnagyobb deklinációját $+23,0^\circ$ -nál (0,4%-os, növekvő holdfázis)
06.03	18:21	A Hold nyugati librációja ( $l = -5,97^\circ$ )
06.03	19:14	46 óra 12 perces holdsarló $7^\circ$ magasan az esti égen
06.05	1:28	Két Jupiter-hold (Io és Europa) árnyéka látszik a bolygó korongján 02:09 UT-ig
06.07	22:12	A Hold maximális librációja ( $l = -4,30^\circ$ , $b = 7,22^\circ$ )
06.09	2:11	Első negyed (Hold a Leo csillagképben)
06.09	20:54	A Szaturnusz $16'$ -re megközelíti a $\gamma$ Virginist
06.09	22:09	A Hold északi librációja ( $b = 7,71^\circ$ )
06.11	19:07	A Hold mögé belép a 75 Virginis ( $5,6^m$ , 79%-os, növekvő holdfázis)
06.12	1:50	A Hold földközelen (földtávolság: 367 220 km, látszó átmérő: $32'32''$ , 82%-os, növekvő holdfázis)
06.12	21:05	A Merkúr eléri legnagyobb fényességét, $-2,3$ magnitúdót (látszó átmérője $5,1''$ , fázisa 100%)
06.12	21:40	A Merkúr felső együttállásban a Nappal (a Naptól $1^\circ$ -ra)
06.14	20:18	A (19) Fortuna kisbolygó ( $11,2^m$ ) $5,5'$ -re keletre az NGC 4546 galaxistól ( $10,3^m$ )

**Dátum Időpont Esemény**

06.14	23:18	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-24,2^\circ$ -nál (99%-os, növekvő holdfázis)
06.15	5:03	A Hold minimális librációja ( $l = 3,65^\circ$ , $b = 1,61^\circ$ )
06.15	18:34	Teljes holdfogyatkozás holdkeltekor, a teljes fogyatkozás mértéke 1,700, fogyatkozás vége 22:03 UT, a Hold az Ophiuchus csillagképben
06.15	20:14	Telehold (Hold az Ophiuchus csillagképben)
06.17	2:14	A Hold mögül kilép a 28 Sagittarii ( $5,4^m$ , 98%-os, csökkenő holdfázis)
06.17	18:20	A Hold keleti librációja ( $l = 5,91^\circ$ )
06.21	17:16	Nyári napforduló
06.22	10:14	A Hold déli librációja ( $b = -6,43^\circ$ )
06.22	23:19	A Hold mögül kilép a 16 Piscium ( $5,7^m$ , 55%-os, csökkenő holdfázis)
06.23	11:48	Utolsó negyed (Hold a Pisces csillagképben)
06.24	4:13	A Hold földtávolban (földtávolság: 404 232 km, látszó átmérő: $29'34''$ , 44%-os, csökkenő holdfázis)
06.26	2:08	A 26%-os, csökkenő fázisú Holdtól $4,7^\circ$ -ra délkeletre látható a Jupiter
06.28	1:13	A 12%-os, csökkenő fázisú Hold $3,9^\circ$ -ra a Fiastyúktól (M45 nyílthalmaz) a Taurus csillagképben
06.29	2:09	Az 6%-os, csökkenő fázisú Holdtól $4,4^\circ$ -ra nyugatra látható a Mars ( $14^\circ$ -ra keletre a Vénusz, $11^\circ$ -ra nyugatra a Fiastyúk)
06.29	10:05	A Hold eléri legnagyobb deklinációját $+22,9^\circ$ -nál (4%-os, csökkenő holdfázis)
06.30	2:10	A 2%-os, csökkenő fázisú Holdtól $2^\circ 6'$ -re keletre a Vénusz bolygó ( $16^\circ$ -ra nyugatra a Mars bolygó)
06.30	2:10	30 óra 44 perces holdsarló $3^\circ$ magasan a hajnali égen (a Vénusztól $2^\circ$ -ra nyugatra, a Marstól $16^\circ$ -ra keletre)
06.30	6:36	Az 1%-os (26 óra 18 perces) holdsarló peremétől $5,9'$ -re északra látható a Vénusz a nappali égen
06.30	16:11	A Hold nyugati librációja ( $l = -5,85^\circ$ )

## Üstökösök

**C/2006 S3 (LONEOS).** Minden idők legnagyobb naptávolságban felfedezett üstököse ez, melyet öt és fél évvel napközelsége előtt, 2006 szeptemberében talált meg a Lowell Observatory Near-Earth Object Search (LONEOS). A 19 magnitúdós üstökös ekkor 14,3 CSE-re járt a Naptól, valahol a Szaturnusz és az Uránusz pályája közt félúton. Mindez igen nagy abszolút fényességre utal, így annak ellenére, hogy 2012. áprilisi napközelsége idején sem kerül közelebb a Naphoz a Jupiternél, fényessége eléri a 13 magnitúdót, így jó égen már 20–25 cm-es távcsövekkel megpillantható lesz. Az Aquila csillagképben nyugat felé mozgó üstökös az éjszaka nagyobb felében megfigyelhető.

**C/2009 P1 (Garradd).** Az Aquarius, Pisces és Pegasus csillagképek találkozásánál északnyugat felé haladó üstököst a hajnali órákban érdemes keresni, akár kisebb műszerekkel is, hiszen fényessége ebben a hónapban eléri a 10–11 magnitúdót, miközben nagy, 2 CSE-et meghaladó távolsága miatt viszonylag kompakt megjelenésű lesz. Csillagszegény környezetben mozogva 20-án fogja átlépni az égi egyenlítőt.

C/2006 S3 (LONEOS)

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	$\Delta$ (CSE)	r (CSE)	E (°)	$m_v$ (m)
06.01.	20 03 41	-04 42 22	5,011	5,671	126	13,0
06.06.	19 58 57	-04 45 49	4,927	5,656	132	13,0
06.11.	19 53 50	-04 50 55	4,849	5,640	138	12,9
06.16.	19 48 21	-04 57 42	4,779	5,625	143	12,9
06.21.	19 42 32	-05 06 11	4,718	5,610	149	12,9
06.26.	19 36 27	-05 16 21	4,666	5,595	154	12,8
07.01.	19 30 06	-05 28 11	4,623	5,580	158	12,8
07.06.	19 23 35	-05 41 35	4,590	5,566	162	12,8
07.11.	19 16 56	-05 56 26	4,568	5,551	164	12,7
07.16.	19 10 15	-06 12 36	4,556	5,537	163	12,7
07.21.	19 03 34	-06 29 54	4,555	5,523	161	12,7
07.26.	18 56 58	-06 48 10	4,564	5,509	156	12,7
07.31.	18 50 32	-07 07 13	4,584	5,496	151	12,7
08.05.	18 44 18	-07 26 53	4,613	5,483	146	12,7
08.10.	18 38 20	-07 46 56	4,651	5,470	140	12,7
08.15.	18 32 42	-08 07 12	4,697	5,457	135	12,7
08.20.	18 27 24	-08 27 33	4,751	5,444	129	12,7
08.25.	18 22 29	-08 47 50	4,812	5,432	123	12,8
08.30.	18 17 59	-09 07 55	4,879	5,420	118	12,8
09.04.	18 13 54	-09 27 42	4,950	5,408	112	12,8
09.09.	18 10 14	-09 47 05	5,026	5,396	106	12,8
09.14.	18 06 59	-10 06 00	5,105	5,384	101	12,9
09.19.	18 04 09	-10 24 22	5,186	5,373	95	12,9
09.24.	18 01 43	-10 42 11	5,268	5,362	90	12,9
09.29.	17 59 40	-10 59 22	5,350	5,351	85	12,9
10.04.	17 58 00	-11 15 54	5,432	5,341	80	13,0
10.09.	17 56 40	-11 31 45	5,513	5,330	74	13,0
10.14.	17 55 41	-11 46 53	5,591	5,320	69	13,0
10.19.	17 55 01	-12 01 19	5,667	5,310	64	13,0
10.24.	17 54 37	-12 15 01	5,740	5,301	59	13,0
10.29.	17 54 30	-12 27 59	5,809	5,291	54	13,1

## Kisbolygók

**(2) Pallas.** A Heinrich Olbers által 1802 márciusában felfedezett 582×556×500 km-es kisbolygó Pallasz Athéné, a tudományok, mesterségek, művészetek istennője után kapta nevét. Az új kisbolygó meghihlette William Wollaston természettudóst, aki 1803-ban egy új elemet azonosított, melyet ma palládiumként ismerjük. A második-ként felfedezett, ám abszolút fényességben csak harmadik kisbolygó legszokatlanabb tulajdonsága 34 fokot meghaladó pályahajlása, melynél nagyobbat több mint száz évig, a (944) Hidalgo megtalálásáig nem is ismertünk. A nagy pályahajlás miatt

messzire eltávolodhat az ekliptikától, így olyan csillagképekben észlelhetjük, ahol ritkán találkozunk kisbolygókkal. Ennek megfelelően most is ilyen helyen, a Delphinus, majd a Sagitta csillagképekben kell keresnünk. A stacionárius pontját elhagyó kisbolygó sajnos naptávolban tartózkodik, így fényessége csak 10 és 9,7 magnitúdó között növekszik.

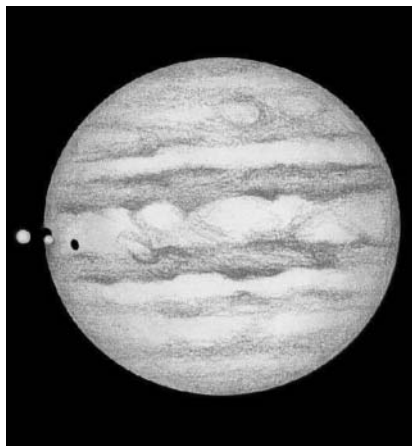
**(4) Vesta.** Az  $\iota$  Capricornitól indulva szép ívben fordul dél felé, miközben eléri keleti stacionárius pontját. Bár déli deklinációja nem kedvez a megfigyelésnek, 6,9 és 6,3 magnitúdó között növekvő fényessége miatt a legkisebb optikai segédeszközzel is felkereshető lesz.

**(10) Hygiea.** A Libra déli részén, az  $\omicron$  és az  $\alpha$  Librae között halad északnyugat felé, de ahogy közeledik stacionárius pontjához, mozgása egyre lassul. Bár csillagokban gazdag területen mozog, a 9,5 és 10 magnitúdó között halványodó kisbolygó csak az 5,8 magnitúdós HD 131977 csillagot közelíti meg 9 ívpercre 4-én este.

**(43) Ariadne.** A nyolc aszteroidát felfedező Norman R. Pogson második kisbolygója volt ez az 1857. április 15-én megtalált  $90 \times 60 \times 50$  km-es égitest. Idei szembenállására a lehető legkedvezőbb pályahelyzet mellett kerül sor, ugyanis a június 28-i opozíciója után két héttel éri el napközelségét. Az egyetlen kellemetlen körülmény, hogy a Sagittariusban, alacsonyan figyelhetjük meg, és a háttércsillagok tengere is megnehezítheti észlelését. Az M22-től másfél fokkal északra látszó kisbolygó egész hónapban nyugati irányú mozgást végez, fényessége 9,9 és 9,1 magnitúdó között növekszik.

## Június 5. 1:28 Két Jupiter-hold (Io és Europa) árnyéka látszik a bolygó korongján

A Nap mögül előbukkanó óriásbolygó két holdjának árnyékát pillanthatják meg a korán kelők ezen a hajnalon. A Kos csillagképben járó Jupiteren az Io és az Europa árnyéka látszik több mint fél órán át egyszerre (01:28 és 02:09 UT között). A jelenség 6 fokos horizont feletti magasságban kezdődik, és teljes egészében a szürkületben zajlik. Érdemes olyan helyet választani a megfigyeléséhez, ahonnan jó a keleti kilátás. Az árnyékok ki és belépése a bolygó gömb alakja és a peremsötétedés miatt nehezen látható, ám a bolygókorongon már könnyen észrevehetőek. Az alacsony horizont feletti magasság miatt figyeljünk az optimalis nagyításra, melynél a légkör hullámzásai nem mossák el a részleteket, mégis jól láthatók az árnyékok fekete korongjai. A megfigyeléshez lehetőség szerint jobb képalkotású lencsés távcsövet használjunk.



A Ganymedes és Europa korongja és árnyéka lép be a Jupiter elé Serge Vieillard rajzán 2009. 08. 19-én.



## Részleges napfogyatkozás 2011. június 1-jén

Az év második napfogyatkozása ismét egy részleges napfogyatkozás, és fél évvel az előző után zajlik le, június 1-jén. A jelenség magyar idő szerint este fél tízkor kezdődik, és 2-án hajnali egy óra után ér véget – vagyis tőlünk nem látható. A közepes mértékű napfogyatkozás Kelet-Szibériában és Kínában kezdődik. A Hold félárnyéka 19:25:18-kor érinti a földfelszínt, fokozatosan beborítja Alaszka és Kanada északi részét, valamint Grönlandot. A fogyatkozás maximumában, 21:16:11-kor a fogyatkozás nagysága 0,6011 magnitúdó. Ezután lassan levonul a félárnyék, de még Finnország és Norvégia legészakibb részein az éjféltől csorbult Nap látványában gyönyörködhetnek az ott lakók. A félárnyék Új-Foundlandtól északra, az Atlanti-óceán vizein hagyja el bolygónkat, 23:06:56-kor.

A fogyatkozás idején a Hold a Bika csillagképben tartózkodik, a leszálló csomópontja közelében. A Hold 5,45 napja volt földtávolban, így látszó átmérője a fogyatkozásakor átlagos, 30,45'. A Föld bő egy hónap múlva kerül naptávolba, így égitestünk az átlagosnál kisebb átmérőjűnek látszik, mérete 31,54'. A Nap ismét nagyobbknak látszik a Holdnál, a január 4-i jelenséghez hasonlóan ismét gyűrűs napfogyatkozást lehetne látni – ha a Hold árnyéka érintené bolygónk felszínét.

Ez a napfogyatkozás a 118-as Szárosz-sorozat 68. fogyatkozása a 72-ből.

## Teljes holdfogyatkozás 2011. június 15-én

A június elsejei napfogyatkozás után két héttel kerül sor az év első holdfogyatkozására. Centrális teljes holdfogyatkozásról lévén szó a Hold áthalad a Föld árnyékkúpjának közepén, ami hosszú, sötét holdfogyatkozást jelent. 2008. február 28. óta ez az első teljes holdfogyatkozás, amely Magyarországról (majdnem) teljes egészében megfigyelhető. Az esemény végig követhető Afrika keleti feléről, a Közel-Keletről, Ázsia középső részéről és Ausztrália nyugati részéről. Nyugat-Európából nézve már egy részlegesen fogyatkozott holdkorong felkeltét láthatják az észlelők.

A félárnyék 17:24:34-kor érinti meg a holdfelszínt, a teljes árnyékra 18:22:56-ig kell várni. 19:22:30-kor nyeli el az umbra égi kísérőnket, és 20:12:37-kor merül legmélyebben bele. Az árnyékból való kibukkanás 21:02:42-kor kezdődik el. Egy óra kell a teljes árnyék levonulására, ami 22:02:15-kor következik be. A félárnyék 23:00:45-kor hagyja el a Hold felszínét. A totalitás 1 óra 40 perc 13 másodpercig tart. Az umbra 3 óra 39 perc 19 másodpercig tartózkodik a holdfelszínen, a félárnyékos fogyatkozás hossza pedig 5 óra 36 perc 12 másodperc.

A holdfogyatkozás idején a Hold a Kígyótartó csillagkép déli részén tartózkodik, a Tejút fényes, részletgazdag régiójában, közel a Nyilas fényes csillagködeihez, ami kiváló lehetőséget teremt szép asztrófotók készítéséhez. A fogyatkozás maximuma pillanatában a fogyatkozás nagysága 1,6998 magnitúdó, ekkor a holdkorong középpontja 5,3 ívpercnnyire van a földárnyék középpontja felett. A Hold déli pereme 54,2 ívpercre van az umbra szélétől, míg az északi perem csak 22,3 ívpercre. Ennek következtében a Hold északi része jóval világosabb vörös árnyalatú lehet, mint a déli, látványos szín- és fényességbeli különbséget okozva égi kísérőnk megjelenésében.

A penumbrális magnitúdó 2,6868. Az umbra átmérője 1,4512°, míg a penumbráé 2,5008°. A félárnyék gyűrűje 31,49' vastag, így a 31,89' látszó átmérőjű holdkorong

teljes terjedelmében nem fér el benne. Ennek a holdfogyatkozásnak nincs tisztán penumbrális fázisa – mellesleg ez a gyakoribb eset.

Ez a holdfogyatkozás a 71 eseményt adó 130-as Szárosz-család 34. tagja.

### A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekcio	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
6 7	19	21	40	be	118028	7,3	35 +	27	48 D	154	+0,3	-2,3
6 7	19	50	15	be	1469	7,6	36 +	23	66 É	88	+0,7	-1,4
6 9	19	30	39	be	138378	7,5	58 +	30	64 É	87	+1,5	-1,0
6 11	19	6	43	be	1944 75 Vir	5,5	80 +	27	81 D	117	+1,5	-0,5
6 17	2	13	58	ki	2725 28 Sgr	5,4	98 –	13	42 D	214	+0,5	+0,3
6 22	23	18	39	ki	3482 16 Psc	5,7	55 –	12	50 D	206	+0,1	+2,4
6 25	0	34	5	ki	163	7,3	35 –	18	49 É	290	+0,5	+1,2
6 26	1	21	10	ki	92695	7,8	26 –	21	82 D	244	+0,1	+1,9
6 28	2	28	19	ki	525	6,5	11 –	20	24 D	193	-0,9	+3,3

### Évforduló

#### 100 éve született Luis W. Alvarez, Nobel-díjas amerikai kísérleti fizikus

Luis Walter Alvarez 1911. június 13-án született San Franciscóban. A Chicagói Egyetemen tanult, itt kapta diplomáját 1934-ben, és itt is szerzett PhD címet 1936-ban. Még végzős BSc hallgatóként Geiger-féle számlálóból egy szerkezetet állított össze, amelyet a kozmikus sugárzás vizsgálatára szánt („ kozmikus sugárzás-távcső”). Tanszéki témavezetője, Arthur Compton (1892–1962) irányítása mellett kísérletet végez Mexico City-ben a kozmikus sugárzás úgynevezett K–Ny effektusának mérésére. Rögtön fokozatszerzése után csatlakozik a Kaliforniai Egyetem berkeley-i Sugárzási Laboratóriumához, Ernest Lawrence (1901–1958) kísérleti csoportjához – de közben dolgozik a Robert Oppenheimer (1904–1967) vezette elméleti fizikai csoporttal is. Ez időszakra eső munkái három fő területre csoportosultak: vizsgálati berendezést konstruált a radioaktív atommagok addig még nem észlelt (a béta-bomlás elmélete által megjósolt) K-elektron-befogásának észlelésére – ennek lelke egy speciális Geiger-számláló volt, amely kizárólag a K-befogásból származó lágy röntgen sugarakat detektálta. További fontos munkája a hidrogénfúzió folyamatának egyik mozzanata, a deutériumok ütközése által létrejövő radioaktív  $^3\text{H}$  mag élettartamának mérése volt. Akkoriban még úgy gondolták, hogy a kétféle lehetséges kimenetű reakció ( $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow ^3\text{H} + \text{p}$  vagy  $^3\text{He} + \text{n}$ ) végtermékei közül a  $^3\text{He}$  instabil, a  $^3\text{H}$  pedig stabil. Alvarez ennek ellenkezőjét bizonyította, a rendelkezésére álló másfél méteres ciklotron tömegspektrométerként történő működtetésével.

A második világháború idején Lawrence legjobb „ciklotronistáit” a haza szolgálatába állította – a radartechnika gyors fejlesztésében szereztek elévülhetetlen érdemeket. Alvarez nagy újítása a „mikrohullámú korai riasztási rendszer” (MEW) számára kifej-



*Luis és Walter Alvarez a földtörténeti kréta és harmadkor határánál Gubbióban (Olaszország, 1981)*

mosba. Az urániumbomba elkészítésével már eléggé előrehaladt a csoport, így Alvarez a plutóniumbomba fejlesztésébe kapcsolódik be. Az utolsó dolog, amit a Manhattan-terv számára készített el, az atombomba robbanási energiájának a repülőgépről ejtőernyőkkel kidobott, jól kalibrált mikrofonokkal történő mérésének kidolgozása volt. Az Enola Gay repülőgép fedélzetéről ő maga végezte el a méréseket Hirosimánál. Ezután visszatért a Kaliforniai Egyetemre mint főállású professzor. Alvarez a buborékkamra megalkotásával elérte, hogy fotózni lehessen a gyorsítóban keletkező részecskék nyomát: milliányi fényképfelvételt készítettek részecske-kölcsönhatásokról. Ezek új részecskecsaládok és rezonanciaállapotok felfedezéséhez vezettek, amiért 1968-ban fizikai Nobel-díjjal jutalmazták. A csillagászathoz két további lényeges hozzájárulása volt. Még 1964-ben ő javasolta szupravezető mágnes feljuttatását nagy magasságba ballonnal, az extrém nagy energiájú részecske-kölcsönhatások vizsgálatára. Idővel azonban ezzel az eszközzel tervezett vizsgálatok fókuszába inkább kozmológiai események, a korai Univerzum részecskéinek és sugárzásának vizsgálata került.

Összes korábbi eredménye által szerzett ismertségét (Nobel-díját is beleértve) megszerte felülmúlta egy egészen más irányból indult kérdés tanulmányozása: 1980-ban megoldotta a dinoszauruszok kipusztulásának rejtélyét. Fia, Walter Alvarez, aki geológus volt, az 1970-es években közép-itáliai kutatásai során egy mészkőfalban egy 66 millió éve, a földtörténeti kréta és harmadkor (tercier) határán (K–T határon) kialakult, körülbelül 1 cm vastag agyagrétegre lett figyelmes. Mintát vett, és elvitte apjának. Alvarez

lesztett lineáris dipól-sorantenna volt, amely nem csupán elnyomta az addig használt radarok sugárzási terének hátrányos tulajdonságú oldalsó nyalábjait, de a mechanikai letapogatás helyett lehetővé tette az elektronikus letapogatást. Többek között ezt az újítást alkalmazták a későbbi rádiótávcsöveknél is. 1943-ban visszatér az Egyesült Államokba, és Oppenheimer ajánlatára a Manhattan-tervbe kapcsolódik be, de előtte Chicagóban tölt néhány hónapot Enrico Fermi (1901–1954) mellett dolgozva. Ekkor bízta meg a hadsereg annak a kidolgozására, hogy hogyan lehetne megbizonyosodnia Amerikának arról, hogy a németek működésbe tudtak-e hozni nukleáris reaktort. Alvarez az atomreaktorokban termelődő egyik radioaktív gáz, a xenon 133-as izotópjának repülőgépről történő kimutatását javasolja, amire el is készítenek egy berendezést, és Németország fölötti repülésekkel megbizonyosodnak arról, hogy a német tudósok nem jutottak el a láncreakció megvalósításáig. Alvarez a Fermivel töltött idő után, 1944 tavaszán kerül végül Los Ala-

első lépése annak meghatározása volt, hogy mennyi időre volt szükség e centiméteres réteg kiüledéséhez. Ennek a nehéz kérdésnek a megoldásához a platina-csoportba tartozó elem, az irídium lassú földfelszíni üledési sebességét próbálta felhasználni. Minthogy az irídium ritka a földkéregben, a felszíni üledékekbe a légkörbe beérkező, ott eléggő mikrometeorok milliárdjaiból képződött por szállít nagyjából egyenletes ütemben mennyiséget, ami jó „időmérő”. Ha sok az irídium egy rétegben, akkor hosszú időn keresztül alakult ki az a réteg, ha kevés, akkor rövid időn keresztül. Alvarez az olasz minták mérését a Lawrence Berkeley laboratórium munkatársaival végezte el neutronaktivációs módszerrel. Azt a meglepő felfedezést tették, hogy az irídiumtartalom az agyagrétegben olyan magas, hogy az nem volt magyarázható a mikrometeoritokkal. Néhány év alatt több mint 100 irídiumtartalmú agyagréteg lelőhelyet találtak a világ más részein. A csoport – mivel semmilyen más földi eredetű forrás nem ismert – földön kívüli eredetre következtetett: eszerint a dinoszauruszok korának végét egy kozmikus test becsapódása nyomán keletkezett kataklizma okozta, az akkor élt fajok jelentős részének kihalását okozva. A publikációt követő években további bizonyítékok is előkerültek ezekből az agyagrégekből, például üveges gömböcskék (szferulák), nyomás alatt kristályosodott kvarckristályok és mikroszkopikus gyémánszemcsék, más olyan ritka ásványokkal, amelyek csak nagy hőmérsékleten és nyomáson képesek kialakulni. Természetesen a felfedezés hatalmas vitát váltott ki, lévén az addig több millió évre becsült kihalási időszak ezer évnél rövidebbre szűkült a becsapódásos magyarázattal. Azóta már a becsapódás valószínű helyét is azonosították: a Mexikó partjainál felfedezett, részben a tenger alatt fekvő Chicxulub-kráter lehet a „tettes” lenyomata. L. W. Alvarez 1988. szeptember 1-jén hunyt el Berkeley-ben, emlékéét tudományos eredményei mellett a 3581-es sorszámu Mars-súroló kisbolygó őrzi.

### Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
5	1:19,1	Io	ek
	2: 8,2	Europa	ek
14	1:33,5	Ganymedes	fv
20	1:24,2	Io	fk
21	0:49,0	Io	áv
	1:56,9	Io	ev
25	0:26,8	Ganymedes	ev
28	0:32,4	Io	ák
	1:44,9	Io	ek
29	1:14,1	Io	mv
	23:55,5	Europa	áv
	23:55,7	Europa	ek

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

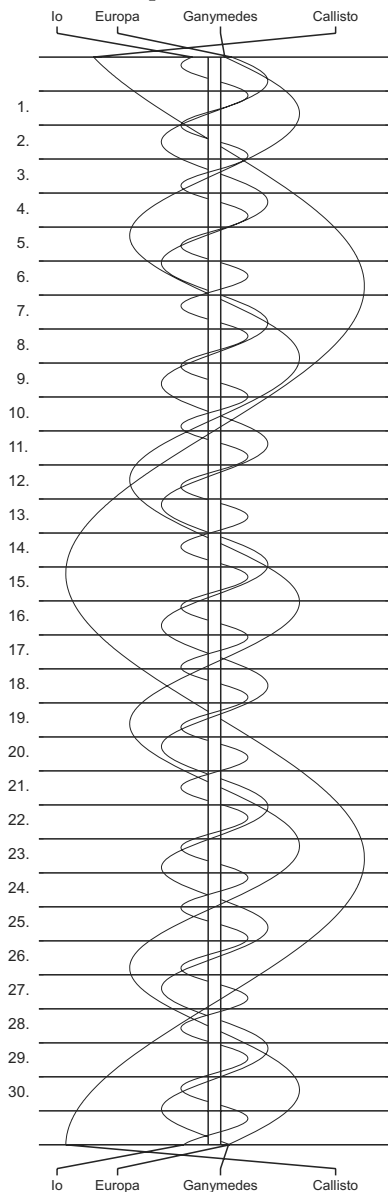
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

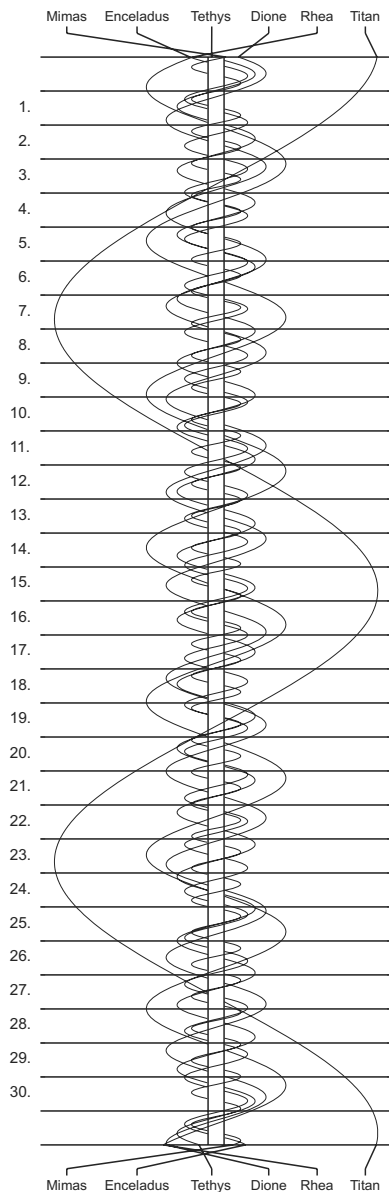
k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

### Jupiter-holdak



### Szaturnusz-holdak



$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – július**

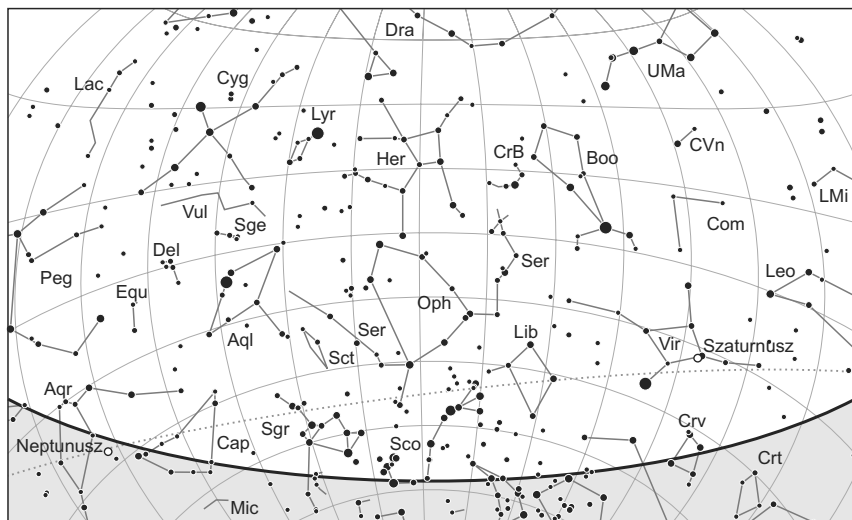
KÖZEI

Dátum	Nap				$h_d$ °	$E_t$ m	Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m				kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. p 182.	3 50	11 47	19 45	65,6	-3,7		3 48	11 51	19 46	● 9 54
2. sz 183.	3 50	11 48	19 45	65,5	-3,9		4 58	12 46	20 22	
3. v 184.	3 51	11 48	19 44	65,5	-4,1		6 12	13 39	20 53	
27. hét										
4. h 185.	3 52	11 48	19 44	65,4	-4,3		7 28	14 30	21 19	
5. k 186.	3 52	11 48	19 44	65,3	-4,4		8 44	15 21	21 44	
6. sz 187.	3 53	11 48	19 43	65,2	-4,6		10 00	16 10	22 08	
7. cs 188.	3 54	11 49	19 43	65,1	-4,8		11 17	17 01	22 33	
8. p 189.	3 55	11 49	19 42	65,0	-5,0		12 34	17 53	23 01	● 7 29
9. sz 190.	3 55	11 49	19 42	64,9	-5,1		13 52	18 46	23 33	
10. v 191.	3 56	11 49	19 41	64,8	-5,3		15 07	19 42	-	
28. hét										
11. h 192.	3 57	11 49	19 41	64,6	-5,4		16 18	20 40	0 12	
12. k 193.	3 58	11 49	19 40	64,5	-5,5		17 22	21 39	0 59	
13. sz 194.	3 59	11 49	19 39	64,3	-5,7		18 15	22 36	1 56	
14. cs 195.	4 00	11 49	19 38	64,2	-5,8		18 58	23 31	3 00	
15. p 196.	4 01	11 50	19 38	64,0	-5,9		19 33	-	4 09	○ 7 40
16. sz 197.	4 02	11 50	19 37	63,9	-6,0		20 01	0 22	5 19	
17. v 198.	4 03	11 50	19 36	63,7	-6,1		20 25	1 10	6 28	
29. hét										
18. h 199.	4 04	11 50	19 35	63,5	-6,2		20 46	1 55	7 35	
19. k 200.	4 05	11 50	19 34	63,4	-6,3		21 06	2 38	8 40	
20. sz 201.	4 06	11 50	19 33	63,2	-6,3		21 26	3 19	9 44	
21. cs 202.	4 07	11 50	19 32	63,0	-6,4		21 47	4 01	10 47	
22. p 203.	4 09	11 50	19 31	62,8	-6,4		22 09	4 43	11 50	
23. sz 204.	4 10	11 50	19 30	62,6	-6,5		22 36	5 26	12 54	● 6 02
24. v 205.	4 11	11 50	19 29	62,4	-6,5		23 07	6 11	13 57	
30. hét										
25. h 206.	4 12	11 50	19 28	62,2	-6,5		23 46	7 00	14 59	
26. k 207.	4 13	11 50	19 27	62,0	-6,5		-	7 50	15 59	
27. sz 208.	4 14	11 50	19 25	61,7	-6,5		0 34	8 44	16 52	
28. cs 209.	4 16	11 50	19 24	61,5	-6,5		1 32	9 39	17 39	
29. p 210.	4 17	11 50	19 23	61,3	-6,5		2 38	10 34	18 19	
30. sz 211.	4 18	11 50	19 21	61,0	-6,5		3 51	11 29	18 52	● 19 40
31. v 212.	4 19	11 50	19 20	60,8	-6,4		5 08	12 22	19 21	

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

## július

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 744	18 34 48	Tihamér, Annamária, Áron, Előd, Gyula, Olivér
2.	2 455 745	18 38 45	Ottó, Jenő, Mária
3.	2 455 746	18 42 41	Kornél, Soma, Bernát, Napsugár, Tamás
4.	2 455 747	18 46 38	Ulrik, Berta, Betti, Illés, Izabella, Rajmund, Ramón
5.	2 455 748	18 50 34	Emese, Sarolta, Antal, Vilmos
6.	2 455 749	18 54 31	Csaba, Dominika, Mária, Tamás
7.	2 455 750	18 58 27	Apollónia, Apolka, Donát
8.	2 455 751	19 02 24	Ellák, Eszter, Izabella, Jenő, Liza, Terézia, Zsóka
9.	2 455 752	19 06 21	Lukrécia, Koppány, Margit, Vera, Veronika
10.	2 455 753	19 10 17	Amália, Alma
11.	2 455 754	19 14 14	Nóra, Lili, Eleonóra, Helga, Lilla, Nelli, Olga, Olivér
12.	2 455 755	19 18 10	Izabella, Dalma, Eleonóra, Ernő, János, Leonóra, Nóra
13.	2 455 756	19 22 07	Jenő, Ernő, Henrietta, Henrik, Jakab, Sára, Sarolta
14.	2 455 757	19 26 03	Örs, Stella, Esztella, Ferenc, Zalán
15.	2 455 758	19 30 00	Henrik, Roland, Leonóra, Loránd, Lóránt, Stella
16.	2 455 759	19 33 56	Valter, Aténé, Kármén, Mária
17.	2 455 760	19 37 53	Endre, Elek, Magda, Magdolna, Róbert, Szabolcs
18.	2 455 761	19 41 50	Frigyes, Arnold, Hedvig, Kamilla, Milán
19.	2 455 762	19 45 46	Emília, Alfréd, Ambrus, Aranka, Aurélia, Stella, Vince
20.	2 455 763	19 49 43	Illés, Margaréta, Margit, Marina
21.	2 455 764	19 53 39	Dániel, Daniella, Angéla, Angelina, Júlia, Lőrinc
22.	2 455 765	19 57 36	Magdolna, Léna, Lenke, Magda, Magdaléna, Mária
23.	2 455 766	20 01 32	Lenke, Brigitta
24.	2 455 767	20 05 29	Kinga, Kincső, Bernát, Csenge, Kriszta, Krisztina, Lujza
25.	2 455 768	20 09 25	Kristóf, Jakab, Krisztofer, Valentin, Valentina, Zsaklin
26.	2 455 769	20 13 22	Anna, Anikó, Anett, Anilla, Anita, Panna
27.	2 455 770	20 17 19	Olga, Liliána, György, Kamilla, Krisztián, Natália
28.	2 455 771	20 21 15	Szabolcs, Botond, Győző, Szeréna, Viktor
29.	2 455 772	20 25 12	Márta, Flóra, Bea, Beatrix, Virág
30.	2 455 773	20 29 08	Judit, Xénia, Julietta
31.	2 455 774	20 33 05	Oszkár, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Ignác, Ilona, Léna



*A déli égbolt július 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap első felében még jó láthatóság mellett kereshető, egy és negyed órával nyugszik a Nap után. 20-án van legnagyobb keleti kitérésben,  $26,8^\circ$ -ra a Naptól. Ezt követően megtalálását lassú halványodása mellett az egyre kisebb horizont feletti magassága is nehezíti. A hónap végén már csak fél órával nyugszik a Nap után, így belevész az alkonyi fénybe.

**Vénusz:** A hajnali északkeleti ég alján kereshető mint fényes égitest. Láthatósága fokozatosan romlik, a hónap végén még éppen megkereshető. A hónap elején egy, a végén már alig fél órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-3,9^m$ , átmérője  $9,9''$ -ről  $9,7''$ -re csökken, fázisa  $0,98$ -ról  $0,997$ -re nő.

**Mars:** Előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Hajnalban kel, napkelte előtt figyelhető meg a keleti égen. Fényessége  $1,4^m$ , átmérője  $4,2''$ -ről  $4,4''$ -re nő.

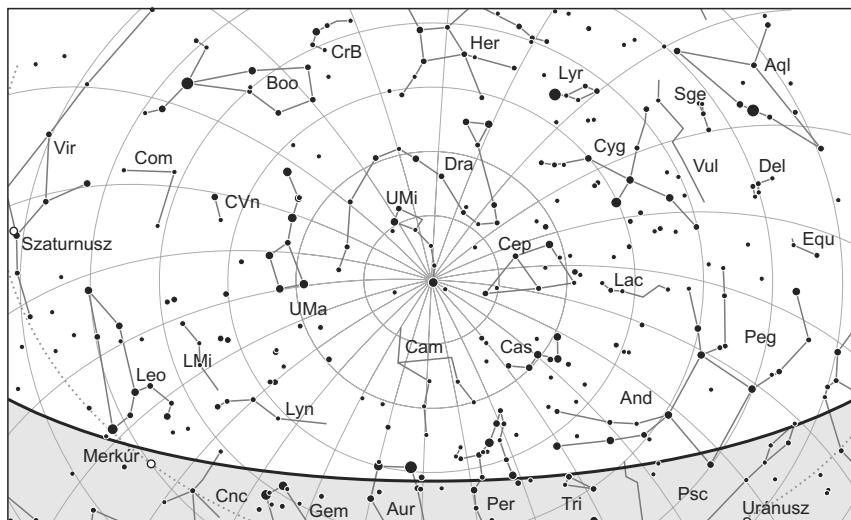
**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. Éjfélkor kel, az éjszaka második felében látható mint a délkeleti-déli ég feltűnő égiteste. Fényessége  $-2,3^m$ , átmérője  $39''$ .

**Szaturnusz:** Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az éjszaka első felében látható, éjfél előtt nyugszik. Fényessége  $0,9^m$ , átmérője  $17''$ .

**Uránusz:** Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében látható. 9-én előretartó mozgása hátrálóvá válik a Halak csillagképben.

**Neptunusz:** A késő esti órákban kel. Az éjszaka nagy részében látható a Vízöntő csillagképben.





*Az északi égbolt július 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

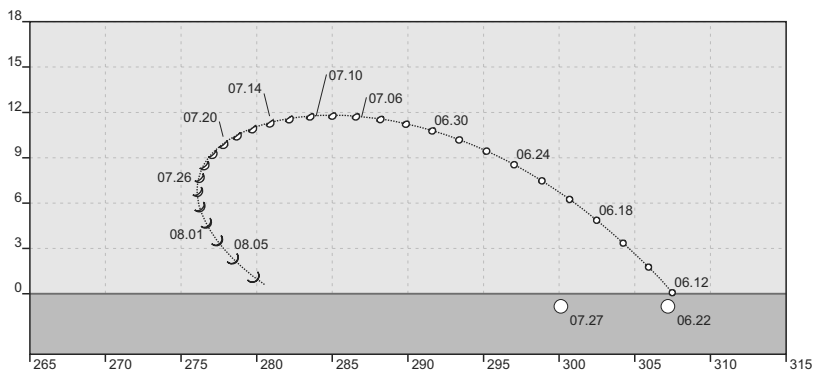
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

- |       |       |   |
|-------|-------|---|
| 07.01 | 8:54  | Újhold (Hold a Gemini csillagképben)  |
| 07.04 | 14:54 | A Föld naptávolban (1,016740 CSE)   |
| 07.05 | 1:19  | A Neptunusz 15,3'-re megközelíti a 38 Aquariit  |
| 07.05 | 20:40 | A Hold maximális librációja ( $l = -2,40^\circ$ , $b = 7,56^\circ$ )  |
| 07.06 | 19:24 | A Merkúr 18'-re az $\epsilon$ Cancritól (az M44 legfényesebb csillaga)  |
| 07.06 | 20:36 | A Hold északi librációja ( $b = 7,71^\circ$ )   |
| 07.07 | 13:49 | A Hold földközeli (földtávolság: 369 609 km, látszó átmérő: $32'20''$ , 42%-os, növekvő holdfázis)                      |
| 07.08 | 6:29  | Első negyed (Hold a Virgo csillagképben)  |
| 07.09 | 0:49  | A Jupiter 46"-re megközelíti a HIP 10999-et ( $8,0^m$ )   |
| 07.12 | 20:10 | A Hold eléri legkisebb deklinációját $-24,3^\circ$ -nál (93%-os, növekvő holdfázis)                                     |
| 07.12 | 21:14 | A Hold mögé belép a 39 Ophiuchi ( $5,2^m$ , kettőscsillag, 93%-os, növekvő holdfázis)                                   |
| 07.13 | 3:08  | A Hold minimális librációja ( $l = 3,86^\circ$ , $b = 0,59^\circ$ )   |
| 07.14 | 16:13 | A Hold keleti librációja ( $l = 5,42^\circ$ )   |
| 07.14 | 18:54 | A Hold súrolva elfedi a $\pi$ Sagittariit az északi pereme mentén ( $2,9^m$ , kettőscsillag, 99%-os, növekvő holdfázis) |
| 07.14 | 23:21 | A (29) Amphitrite kisbolygó ( $10,8^m$ ) 14'-re megközelíti a (30) Urania kisbolygót ( $12,0^m$ )                       |

**Dátum Időpont Esemény**

07.15	6:40	Telehold (Hold a Sagittarius csillagképben)
07.16	12:44	A Merkúr dichotómiája (50% fázis, 27°-os keleti elongáció, 7,4" látszó átmérő)
07.16	23:01	A Hold mögül kilép a 9 Aquarii (6,6 <sup>m</sup> , 97%-os, csökkenő holdfázis)
07.17	21:01	A Hold mögül kilép a 47 Capricorni (6,0 <sup>m</sup> , 93%-os, csökkenő holdfázis)
07.19	0:19	A Hold mögül kilép a $\kappa$ Aquarii (Situla, 5,0 <sup>m</sup> , 86%-os, csökkenő holdfázis)
07.20	5:02	A Merkúr legnagyobb keleti elongációja (27° elongáció, 0,5 <sup>m</sup> , 7,9" átmérő, 44% fázis, Leo csillagkép)
07.20	7:57	A Hold déli librációja ( $b = -6,36^\circ$ )
07.21	22:43	A Hold földtávolban (földtávolság: 404 318 km, látszó átmérő: 29'33", 62%-os, csökkenő holdfázis)
07.22	23:32	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 07.23. 02:04 UT-kor
07.23	1:44	A Hold mögül kilép a 104 Piscium (6,7 <sup>m</sup> , 51%-os, csökkenő holdfázis)
07.23	5:02	Utolsó negyed (Hold a Pisces csillagképben)
07.23	22:35	A 43%-os, csökkenő fázisú Holdtól 4,1°-ra délre a Jupiter
07.24	22:39	A Hold mögül kilép a $\delta$ Arietis (Botein, 4,4 <sup>m</sup> , 34%-os, csökkenő holdfázis)
07.25	20:45	A (18) Melpomene kisbolygó (12,1 <sup>m</sup> ) áthalad az NGC 4281 jelű galaxison (11,3 <sup>m</sup> )
07.26	2:22	A Hold súrolva elfedi a ZC 621-et az északi pereme mentén (6,1 <sup>m</sup> , ket-tőscsillag, 23%-os, csökkenő holdfázis)
07.26	23:19	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 07.27. 01:33 UT-kor
07.27	7:10	A Hold eléri legnagyobb deklinációját +22,9°-nál (14%-os, csökkenő holdfázis)
07.27	14:14	A Hold nyugati librációja ( $l = -6,48^\circ$ )
07.28	1:52	A 9%-os, csökkenő fázisú Holdtól 5,5°-re nyugatra látható a Mars bolygó



A Merkúr az esti égen.

**Dátum Időpont Esemény**

07.28	1:52	A 9%-os, csökkenő fázisú Hold 2,5°-ra megközelíti az M35 nyílthalmazt a Gemini csillagképben
07.28		A Déli Delta Aquaridák meteorraj elhúzóódó maximuma (a Hold nem zavarja az észlelést)
07.29	2:41	39 óra 59 perces holdsarló 8° magasan a hajnali égen (a Marstól 19°-ra keletre)
07.30	18:40	Újhold (Hold a Cancer csillagképben)

**Üstökösök**

**C/2006 S3 (LONEOS).** Az Aquila, majd a kicsiny Scutum csillagképben mozog nyugat felé ez a 12,5–13 magnitúdós üstökös, melynek megtalálását a Tejút sűrű csillagmezeje a hónap második felében igencsak megnehezítheti. Az 5,5 CSE távolságban járó vándor 8-án hajnalban 23 ívperccel délre látszik majd az 5 magnitúdós 26 Aquilae-től, majd 31-én 48 ívperccel délre halad el a fényes M11 nyílthalmaztól.

**C/2009 P1 (Garradd).** A Pegasus déli részén, a szárnyas ló fejénél halad északnyugat felé ez az immáron nagyobb binokulárokkal is látható, 9–10 magnitúdós üstökös. Július 20-án a  $\theta$  Pegasitól 2 fokkal északra, 29-én pedig az  $\epsilon$  Pegasitól 1,5 fokkal északra kell keresni az egyre gyorsabban mozgó vándort.

**Kisbolygók**

**(1) Ceres.** Az első számú kisbolygót Giuseppe Piazzi fedezte fel 1801. január 1-jén, s bár már többen keresték a Mars és a Jupiter között feltételezett bolygót, a felfedezés a véletlen műve volt, nem pedig célirányos bolygókeresésé. A tudománytörténeti legendává nemesült történet szerint az égitest márciusban eltűnt az észlelők szeme elől, és csak a zseniális fiatal matematikus, Carl Gauss által kifejlesztett új számítási módszer segítségével tudták újra megtalálni 1801. december 31-én. A legújabb mérések szerint a kisbolygóöv teljes tömegének 32%-át kitevő aszteroida egyenlítői átmérője 975 km, poláris átmérője 909 km, átlagos sűrűsége pedig csak 2,1 g/cm<sup>3</sup>, ami majdnem fele a Vesta sűrűségének. A feltételezések szerint a kisbolygó tömegének akár negyedét is vízjég adhatja, amely 100 km vastag köpenyként öleli körül a sziklás magot. Ha ez igaz, a Ceres a földi édesvízkészlettel meg egyező mennyiségű vizet tartalmaz. Az érdekes kisbolygó ebben a hónapban a Cetus csillagképben látható hajnalonta, amint keleti irányú mozgása déli irányúvá vált, hiszen eléri stacionárius pontját. Fényessége 8,8 és 8,4 magnitúdó között növekszik, a hónap első hajnalán szép párost alkot majd egy 8,3 magnitúdós csillaggal, míg 25-én hajnalban 10 ívperccel északkeletre láthatjuk a 6,4 magnitúdós 9 Cetitől.

**(2) Pallas.** A Sagitta csillagképben halad nyugat felé, nem messze a Tejút síkjától, így gazdag csillagmezőben kell megkeresnünk ezt a 9,5 magnitúdós kisbolygót. A hónap legvégén kerül szembenállásba a Nappal, 26-án este fél fokkal északnyugatra fog látszani az 5,4 magnitúdós 13 Sagittae-től.

**(4) Vesta.** A Capricornusban kell keresnünk ezt a 6,3 és 5,7 magnitúdó között fényesedő kisbolygót, ami azt jelenti, hogy kiváló átlátszóságú éjjeleken esély lehet szabad

szemes megpillantására is. A csillagkép keleti felében délnyugati irányba mozgó égitest 5-én este szép párost alkot egy 6,6 magnitúdós csillaggal, majd 18-án hajnalban 21 ívperccel északnyugatra halad el az 5,4 magnitúdós 33 Capricorni mellett.

**(9) Metis.** Mindmáig ez az egyetlen kisbolygó, melyet Írországból fedeztek fel: Andrew Graham akadt rá 1848. április 25-én. A szokatlan alakú, elnyúlt kisbolygó mérete  $235 \times 195 \times 140$  km, és az egyik vége hegyesebb, a másik pedig tompább. Anyaga 60–70%-ban vas és nikkel, így egy ősi bolygócsíra ütközésektől lecsupaszított magjának gondolják. Ezt a kisbolygót is a Capricornusban, a Vestától mintegy 10 fokra találjuk. A hónap utolsó napjaiban éri el szembenállását, ekkor fényessége 9,6 magnitúdó lesz. A hónap elején még csak 10 magnitúdós égitest 9-én este alig 2 ívpercre megközelíti a 6,9 magnitúdós HD 198354 csillagot, 14-én este 10 ívperccel délre halad el a 4,2 magnitúdós  $\psi$  Capricornitól, 20-án hajnalban pedig egy 6,3 magnitúdós csillaggal kerül 4 ívperces közelségbe.

**(43) Ariadne.** A Tejút síkjához közel, a Sagittarius csillagképben halad nyugat felé. Július 1-jei szembenállása után 9,1 magnitúdós fényessége gyorsan csökken, a hónap végén már csak 10 magnitúdós lesz. 8-án este 18 ívperccel délre kell keresni a 3,8 magnitúdós  $\nu$  Sagittariitól, majd kisebb méretű sötét és diffúz ködök között haladva 19-én keresztezi a Tejút síkját.

**(532) Herculina.** Ez a legkésőbb megtalált 200 km-nél is nagyobb kisbolygó, amely nagy, 16 fokalos pályahajlása miatt rejtőzhetett el 1904-ig a csillagászok szeme elől. Abban az évben fedezte fel Max Wolf Heidelbergből. A Herculina volt az első kisbolygó, melyről egy 1978-as csillagfedés alkalmával kimutatni vélték, hogy hold kering körülötte. Később hasonló módszerrel egy másik hold létezését is feltételezték, ám a Hubble-űrtávcső 1993-as megfigyelései során egyik kísérőt sem sikerült megtalálni. Valószínűleg a hiányos adatok vezették félre a csillagfedések kiértékelőit. Ebben a hónapban ezt az égitestet is a Capricornusban láthatjuk, mintegy 3,5 fokkal nyugatra a Metistől. A július második felében bekövetkező szembenállásakor 9,8 magnitúdós kisbolygó 24-én este 20 ívperc oldalhosszúságú, egyenlő oldalú háromszöget alkot az IC 4999 és 5005 jelű 13–14 magnitúdós galaxisokkal.

**(3103) Eger.** A Lovas Miklós által 1982. január 20-án felfedezett és Tóth Imre javaslatára Eger névre keresztelt Mars-súroló kisbolygó augusztus 4-én este 0,153 CSE-re megközelíti bolygónkat. Az Aubrit meteoritok szülőégitestjének gondolt,  $1,5 \times 2,3$  km-es égitest fényessége a hónap utolsó napjaiban eléri a 13,7 magnitúdót, bár 0,7–0,9 magnitúdós amplitúdója miatt előfordulhat, hogy ennél fél magnitúdóval halványabb állapotban találjuk. Kis földtávolsága miatt a hónap végén már napi 3 fokot tesz meg egünkön a Cet testétől északra haladó kisbolygó.

## Részleges napfogyatkozás 2011. július 1-jén

Az év negyedik fogyatkozása, mely a harmadik napfogyatkozás 2011-ben, igen kis mértékű, részleges napfogyatkozás lesz, egy hónappal az előző napfogyatkozást követően. Ezt a napfogyatkozást sem figyelhetjük meg Magyarországról, csak azon hajókról lenne látható, amelyek valamilyen okból az antarktiszi vizek Afrika felőli részére tévednek. Mivel arrafelé hírhedten veszélyesek a vizek, nagy esély van rá, hogy ezen napfogyatkozás azok közé tartozzon, melyeket nem figyel meg senki.

A félárnyék 7:53:42-kor érinti az Indiai-óceán déli vizeit, és 9:22:48-kor el is hagyja azokat. Az esemény teljes időtartama 1 óra 29 perc 6 másodperc. A maximum pillanatában, 8:38:23-kor a fogyatkozás nagysága mindössze 0,0971 magnitúdó. Ez a kicsiny érték ugyanakkor a fogyatkozás különlegességére is utal, ugyanis egy új Szárosz-ciklus legelső napfogyatkozására kerül most sor!

A fogyatkozás idején a Hold az Ikrek csillagkép közepén tartózkodik, a leszálló csomópontja közelében. A Hold 6,36 nap múlva lesz földközeli, így látszó átmérője a fogyatkozáskor az átlagnál kicsit nagyobb, 31,45'. A Föld három nappal később kerül naptávolba, így Napunk a lehető legkisebb kisebb átmérőjűnek látszik, mérete 31,46'. A Nap újlag nagyobbak látszik a Holdnál – noha most az eltérés csak leheletnyi, 1'. Egy igen finom vonalú gyűrűs napfogyatkozást lehetne látni – ha a Hold árnyéka érintené bolygónk felszínét, és nem a sarkvidék felett haladna el 3100 kilométerrel.

Ez a napfogyatkozás a 156-os Szárosz-sorozat 1. fogyatkozása a 69-ből.

### Július 14.: A $\pi$ Sagittarii súroló fedése



A  $\pi$  Sagittarii súroló fedése 2011. július 14-én.

Igen érdekes súroló csillagfedésre kerül sor ezen az estén. Negyedórával napnyugta után, körülbelül 18:50 UT-kor fedi el a telihold a  $\pi$  Sgr jelű 2,9 magnitúdós csillagot 7 fok magasságban. A súroló fedés sávja a Balatontól délre, a Zalaegerszeg–Szekszárd–Szabadka vonalon halad végig, ettől délre látható a teljes fedés, északabbra csak szoros közelséget figyelhetünk meg. Külön érdekes, hogy egy igen szoros, 0,1" távasságú pár, melynek két 3,6 magnitúdós komponensét W. S. Finsen bontotta fel elsőként (Fin 311 AB). Ezzel a csillag a legszorosabb vizuális kettősök táborába tartozik. A Nap alig 4–5

fokkal lesz a horizont alatt, de a földárnyékban már jól megfigyelhető lesz – akár kis távcsövekkel is – a jelenség. Már csak a jó időben kell bízunk!

### A Hold csillagfedései

Dátum	UT	J	Csillag	Hold	Pozíció	Korrekcio
hó nap	h m s		ZC/SAO név m	fázis h	CA PA	A B
7 9	20 29 5	be	2045	68 + 15	79 É 96	+1,3 -1,2
7 9	21 19 59	be	2051 CS Vir	5,9	86 É 103	+1,0 -1,5
7 12	21 13 40	be	185237	6,7	87 D 95	+1,7 -0,3
7 12	21 13 43	be	2490 39 Oph	5,2	87 D 95	+1,7 -0,3
7 12	21 28 8	be	2491	6,6	44 É 46	+1,4 +0,4

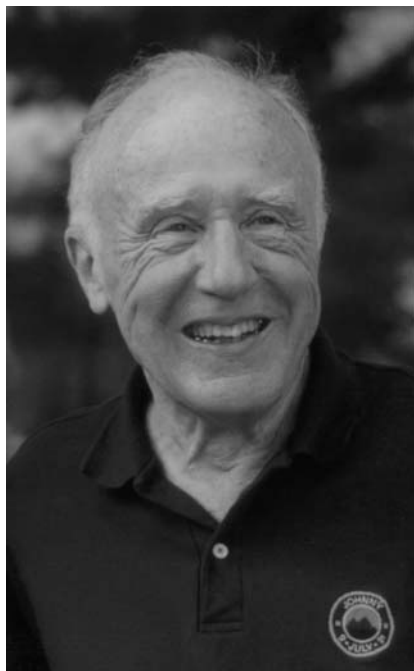
Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrektció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
7 16	23	11	1	ki	3072 9 Aqr	6,6	97 – 28		67 É	267	+1,9	+0,6
7 17	21	1	28	ki	3187 47 Cap	6,0	93 – 14		43 É	291	+1,0	+1,1
7 17	23	57	45	ki	3199	6,5	92 – 32		81 D	235	+1,4	+1,2
7 19	0	18	31	ki	3320 $\kappa$ Aqr	5,0	86 – 36		39 D	192	+0,6	+2,5
7 23	0	57	14	ki	92548	8,1	51 – 36		62 D	221	+0,5	+2,4
7 23	1	43	36	ki	244 104 Psc	6,7	51 – 43		63 É	276	+1,5	+1,1
7 24	22	39	13	ki	465 $\delta$ Ari	4,4	33 – 4		66 D	231	-0,5	+1,7
7 25	23	7	8	ki	601 39 Tau	5,9	24 – 2		14 É	336	+0,8	-1,4
7 25	23	51	12	ki	76456	7,9	24 – 8		58 É	292	-0,1	+0,9
7 26	2	4	9	ki	76488	8,5	23 – 30		89 D	259	+0,4	+1,7
7 27	1	40	46	ki	76956	8,9	15 – 18		45 É	309	+0,5	+0,4
7 27	1	58	51	ki	76962	7,1	15 – 20		44 D	219	-0,4	+2,5
7 28	1	55	4	ki	77877	8,0	8 – 11		84 D	263	-0,2	+1,4

## Évforduló

### 100 éve született John Wheeler, Wolf-díjas elméleti fizikus

John Archibald Wheeler, a féreglyuk kifejezés kitalálója és a fekete lyuk elnevezés elterjesztője 1911. július 9-én született Jacksonville-ben (Florida, USA). A természettudományok iránti érdeklődését valószínűleg édesanyjától örökölte. A Johns Hopkins Egyetemen doktorál 1933-ban, 1938–1976 között a Princeton Egyetem fizikaprofesszora, majd 1976–1986 között az austini Texas Egyetem Elméleti Fizikai Központjának igazgatója. Halála előtt tért vissza Princetonba emeritus professzorként. Egész életében nagy hangsúlyt fektetett az oktatásra, miután világhírű lett, akkor is előszeretettel foglalkozott az alsóbb éves fizikus hallgatók tanításával, mondván, hogy a fiatal elmék a legfontosabbak. Nemcsak kiváló tanár, de kitűnő tankönyvíró is volt.

Wheeler fontos eredményekkel járult hozzá az elméleti fizikához. Niels Bohr és Enrico Fermi mellett ő is úttörő munkát végzett a nukleáris bomlás elméletében. A II. világháború alatt megszakította akadémiai karrierjét, hogy részt vegyen az amerikai atombomba kifejlesztésében (a Manhattan-terv keretében). Hanfordban építettek atomerőművet az atombomba számára szánt plutónium előállítására. Még mielőtt elindították volna a három tervezett reaktor első példányát, előre látta, hogy „mérgező” bomlási melléktermékek fognak felhalmozódni, amelyek majd gátolják a nukleáris láncreakció folyamatát neutronok elnyelésével. Megvizsgálva a melléktermékek felezési idejét, helyesen arra következtetett, hogy ebből a szempontból leginkább problematikus a  $\text{Xe}^{135}$  xenonizotóp. Később a Matterhorn-terv keretében az amerikai hidrogénbomba kifejlesztésben is részt vett. A Manhattan-tervbeli munkája befejeztével visszatért Princetonba. Einstein egyik utolsó munkatársaként szívügyének érezte Einstein azon törekvését, amely a természet alapvető kölcsönhatásainak közös töre való visszavezetését célozta egy egyesített térelmélet keretében. Sok évtizeden keresztül az általános relativitáselméletet nem méltányolták kellőképpen, a gyakorlattól nagyon elrugaszkodottnak tartották. Wheeler iskolateremtőként kulcsfigurája ezen



elmélet felélesztésének Princetonban (ugyanazt a munkát Cambridge-ben Dennis Sciama, Moszkvában Jakov Zeldovics végezte). 1957-ben, miközben az általános relativitáselmélet kiterjesztésén dolgozott, bevezette a féreglyuk fogalmát a feltételezett téridő-alagutak leírására. Munkája magában foglalta a gravitációs kollapszus elméletének kidolgozását is. Még 1939-ben hívta fel a figyelmét a Manhattan-terv vezetője, Robert Oppenheimer arra, hogy az Einstein-féle gravitációs egyenletekből egy rendkívül érdekes dolog következik: egy kellően nagy tömegű csillag magjának összeomlásakor olyan objektum jöhet létre, amely körül a téridő annyira meggörbül, hogy még a fény sem tud kiszökni belőle, a centrumban a sűrűség és a görbület pedig végtelen nagy lesz. Wheeler eleinte elutasította ezt az elképzelést – egy 1958-as belgiumi konferencián még vitába is keveredett Oppenheimerrel –, de miután ezeknek az úgynevezett szingularitásoknak a kezelését a matematikusok megoldották, elfogadta „a csillag és a fizika számára irtózatossá lehetséget”. A helyzet dramatizál-

lására és az addig használt rettenetesen hosszú „a gravitáció miatt teljesen összeomlott csillag” kifejezés elkerülésére a szingularitás „fekete lyuk” elnevezését ő vezette be a köztudatba, de az általánosan elterjedt véleménynel szemben nem ő találta ki. 1967-ben, a NASA Goddard Űrkutatási Intézetben tartott egyik előadása során valaki kiabálta be a hallgatóság soraiból, ami rögtön megtetszett neki, innentől kezdve e kifejezést használta.

Üttörője volt a kvantumgravitáció területének is, az általa (és Bryce DeWitt által) megalkotott Wheeler–DeWitt-egyenlet – vagy ahogy ő nevezte: „az Univerzum hullámfüggvénye” kidolgozásával. Ő vezette be (1957-ben) a kvantumhab fogalmát, és elsőként mutatott rá a Planck-hosszúság és a Planck-idő jelentőségére. Azon is töprengett, hogy lehetséges-e, hogy a fizikai törvények is a természetes kiválasztódás biológiában megfigyelt módjához hasonlóan fejlődhetnek az időben. „Hogyan lesz a semmiből valami?” kérdezte a téridő eredete kapcsán. A filozófia terén is alkotott egy új fogalmat: a résztvevő antropikus elv (PAP) mint az erős antropikus elv egy verzióját. Wheeler alkotóereje húzódtott meg a sok kötetes általános relativitáselméleti tankönyv, a Gravitáció című mű mögött, amelynek társszerzői Charles W. Misner és Kip Thorne voltak. Ez a mű a legfigyelemreméltóbb, leghatásosabb mű ebben témában. Tisztelői 60. születésnapjára gyűjteményes esszéket ajánlottak neki: Magic Without Magic: John Archibald Wheeler. Szép kort megérve, 2008. április 13-án halt meg tüdőgyulla-

dásban, Hightstownban (New Jersey, USA). Gondolkodására, szárnyaló képzetére jellemző idézet tőle, amelyet Hargittai Magdolnának mondott utolsó találkozásukkor: „A nyaralónkban van egy kő, amelyet a fiam és a felesége hozott nekem Görögországból, Athén külvárosából, ahol Platón és Arisztotelész sétált és beszélgetett. Egy olyan gépről álmodozom, amelybe beletehetném ezt a követ, és a gép kiadná ezeknek a fantasztikus embereknek a beszélgetését. Mindenemet odaadnám azért, hogy hallhasam őket!” Számos díjat kapott munkái elismeréseképpen: Enrico Fermi-díj (1968), Oersted-érem (1983), Albert Einstein-érem (1988), Matteucci-érem (1993), Wolf-díj (1997) (ez utóbbi a fizikában és a kémiában a Nobel-díj utáni legrangosabb kitüntetés). Emlékét a (3155) Wheeler kisbolygó is őrzi.

### Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	23:42,6	Ganymedes	áv
5	23:41,5	Io	fk
6	23:59,6	Europa	ák
7	0:20,8	Io	ev
8	23:29,3	Europa	mv
9	1:28,3	Ganymedes	ák
12	22:48,8	Ganymedes	mv
13	1:35,8	Io	fk
	22:48,4	Io	ák
14	0: 8,0	Io	ek
	0:58,4	Io	áv
	2:17,0	Io	ev
	23:37,8	Io	mv
15	23:29,7	Europa	fv
	23:40,9	Europa	mk
16	2: 8,4	Europa	mv
20	1: 5,1	Ganymedes	mk
21	0:42,2	Io	ák
	2: 3,7	Io	ek
22	1:33,6	Io	mv
	22:41,1	Io	ev
	23:31,7	Europa	fk

nap	UT h:m	hold	jelenség
23	2: 4,1	Europa	fv
	2:19,3	Europa	mk
24	23:49,4	Europa	ev
26	23:19,1	Ganymedes	fk
27	1:33,3	Ganymedes	fv
28	2:35,9	Io	ák
	23:52,9	Io	fk
29	22:27,0	Io	ek
	23:14,1	Io	áv
30	0:35,5	Io	ev
	2: 6,5	Europa	fk
	21:57,0	Io	mv
31	23:41,2	Europa	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

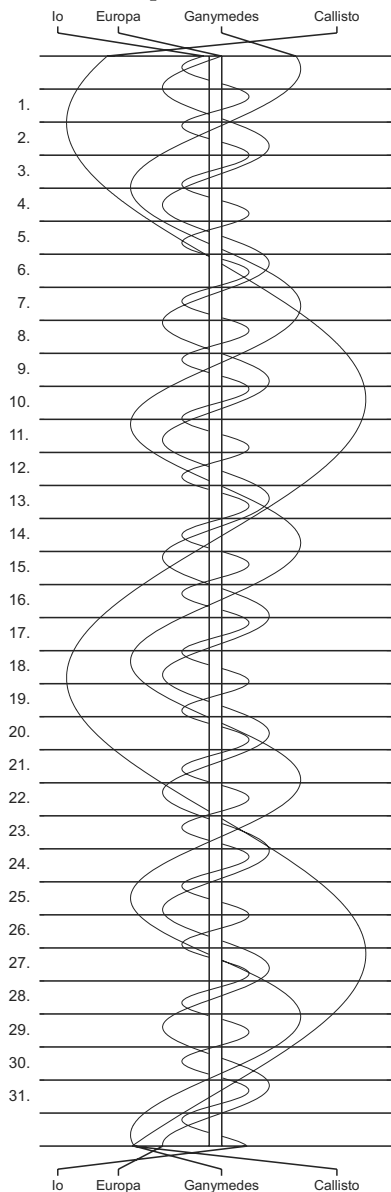
m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

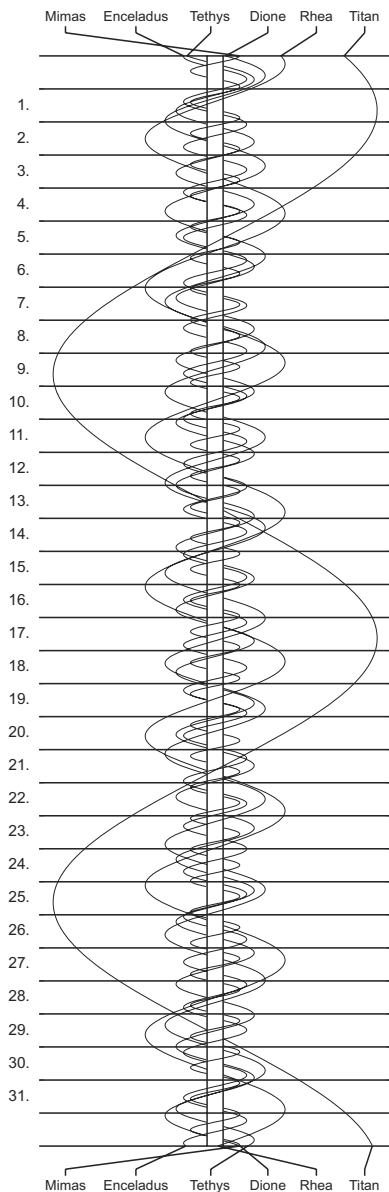
v = a jelenség vége



### Jupiter-holdak



### Szaturnusz-holdak



$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – augusztus**

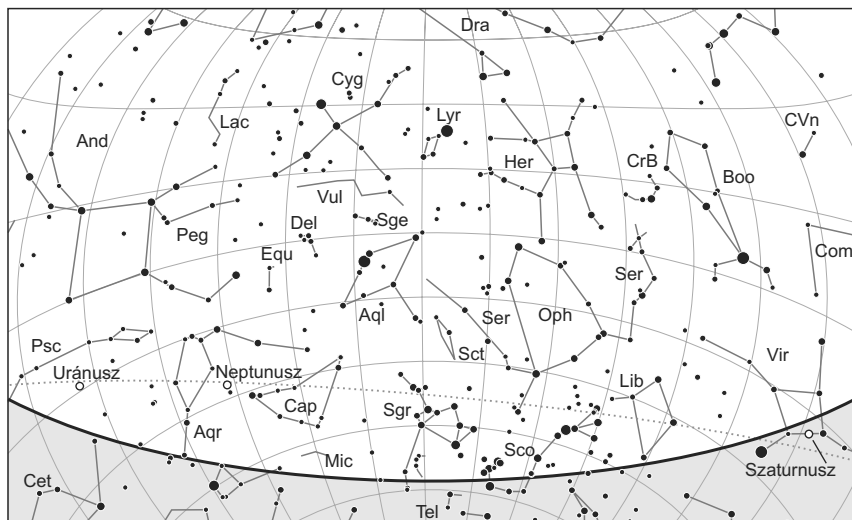
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
31. hét									
1. h 213.	4 21	11 50	19 19	60,5	−6,4	6 26	13 14	19 48	☉ 12 08
2. k 214.	4 22	11 50	19 17	60,3	−6,3	7 45	14 05	20 13	
3. sz 215.	4 23	11 50	19 16	60,0	−6,3	9 04	14 57	20 38	
4. cs 216.	4 24	11 50	19 14	59,8	−6,2	10 22	15 49	21 05	
5. p 217.	4 26	11 50	19 13	59,5	−6,1	11 41	16 43	21 36	
6. sz 218.	4 27	11 50	19 12	59,2	−6,0	12 57	17 38	22 13	
7. v 219.	4 28	11 49	19 10	59,0	−5,9	14 09	18 35	22 57	
32. hét									
8. h 220.	4 30	11 49	19 08	58,7	−5,8	15 14	19 32	23 50	☾ 19 57
9. k 221.	4 31	11 49	19 07	58,4	−5,6	16 10	20 29	–	
10. sz 222.	4 32	11 49	19 05	58,1	−5,5	16 56	21 24	0 50	
11. cs 223.	4 33	11 49	19 04	57,8	−5,3	17 33	22 15	1 57	
12. p 224.	4 35	11 49	19 02	57,5	−5,2	18 03	23 04	3 05	
13. sz 225.	4 36	11 49	19 00	57,2	−5,0	18 28	23 50	4 14	
14. v 226.	4 37	11 48	18 59	56,9	−4,8	18 51	–	5 21	
33. hét									
15. h 227.	4 39	11 48	18 57	56,6	−4,6	19 11	0 34	6 27	☉ 22 54
16. k 228.	4 40	11 48	18 55	56,3	−4,4	19 31	1 16	7 31	
17. sz 229.	4 41	11 48	18 53	56,0	−4,2	19 52	1 57	8 35	
18. cs 230.	4 43	11 48	18 52	55,6	−4,0	20 14	2 39	9 38	
19. p 231.	4 44	11 47	18 50	55,3	−3,8	20 38	3 21	10 41	
20. sz 232.	4 45	11 47	18 48	55,0	−3,6	21 08	4 06	11 43	
21. v 233.	4 47	11 47	18 46	54,7	−3,3	21 43	4 52	12 45	
34. hét									
22. h 234.	4 48	11 47	18 44	54,3	−3,1	22 25	5 41	13 45	☉ 4 04
23. k 235.	4 49	11 46	18 43	54,0	−2,8	23 18	6 32	14 40	
24. sz 236.	4 51	11 46	18 41	53,6	−2,6	–	7 25	15 29	
25. cs 237.	4 52	11 46	18 39	53,3	−2,3	0 19	8 20	16 12	
26. p 238.	4 53	11 46	18 37	53,0	−2,0	1 28	9 14	16 48	
27. sz 239.	4 55	11 45	18 35	52,6	−1,8	2 42	10 08	17 20	
28. v 240.	4 56	11 45	18 33	52,3	−1,5	4 01	11 01	17 48	
35. hét									
29. h 241.	4 57	11 45	18 31	51,9	−1,2	5 20	11 54	18 14	☉ 4 04
30. k 242.	4 59	11 44	18 29	51,5	−0,9	6 41	12 47	18 40	
31. sz 243.	5 00	11 44	18 27	51,2	−0,6	8 02	13 41	19 07	

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

## augusztus

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 775	20 37 01	Boglárka, Gusztáv, Pálma, Péter, Zsófia
2.	2 455 776	20 40 58	Lehel, Gusztáv, Mária
3.	2 455 777	20 44 54	Hermina, István, Lídia, Terézia
4.	2 455 778	20 48 51	Domonkos, Dominika
5.	2 455 779	20 52 48	Krisztina, Ábel, Afrodité, Kriszta, Mária
6.	2 455 780	20 56 44	Berta, Bettina, Géza
7.	2 455 781	21 00 41	Ibolya, Afrodité, Albert, Arabella, Donát
8.	2 455 782	21 04 37	László, Dominik, Domonkos, Gusztáv
9.	2 455 783	21 08 34	Emőd, János, Roland
10.	2 455 784	21 12 30	Lőrinc, Bianka, Blanka, Csilla, Loránd, Lóránt, Roland
11.	2 455 785	21 16 27	Zsuzsanna, Tibor, Klára, Lilian, Liliána, Lujza
12.	2 455 786	21 20 23	Klára, Hilda, Letícia
13.	2 455 787	21 24 20	Ipoly, Gerda, Gertrúd, Helén, Heléna, Ibolya, János
14.	2 455 788	21 28 17	Marcell, Menyhért
15.	2 455 789	21 32 13	Mária, Alfréd
16.	2 455 790	21 36 10	Ábrahám, István, Szeréna
17.	2 455 791	21 40 06	Jácint
18.	2 455 792	21 44 03	Ilona, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Lenke
19.	2 455 793	21 47 59	Huba, Bernát, János, Lajos
20.	2 455 794	21 51 56	Szent István ünnepe; István, Bernát, Stefánia, Vajk
21.	2 455 795	21 55 52	Sámuel, Hajna, Erik, Erika, Franciska, Johanna
22.	2 455 796	21 59 49	Menyhért, Mirjam, Boglár, Boglárka, János, Mária
23.	2 455 797	22 03 46	Bence, Róza, Rózsa, Szidónia
24.	2 455 798	22 07 42	Bertalan, Albert, Aliz
25.	2 455 799	22 11 39	Lajos, Patrícia, Elemér, József, Tamás
26.	2 455 800	22 15 35	Izsó, Margit, Natália, Natasa, Rita
27.	2 455 801	22 19 32	Gáspár, József, Mónika
28.	2 455 802	22 23 28	Ágoston, Alfréd, Elemér, László
29.	2 455 803	22 27 25	Beatrix, Erna, Ernesztina, János, Kamilla, Szabina
30.	2 455 804	22 31 21	Róza, Letícia, Rózsa
31.	2 455 805	22 35 18	Erika, Bella, Aida, Hanga, Izabella, Rajmund, Ramóna



*A déli égbolt augusztus 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap nagy részében nem figyelhető meg. 17-én van alsó együttállásban a Nappal. 23-a után már kereshető a hajnali ég alján, ekkor háromnegyed órával kel a Nap előtt. Láthatósága gyorsan javul, 31-én már másfél órával kel a Nap előtt.

**Vénusz:** A hónap folyamán nem figyelhető meg. 16-án van felső együttállásban a Nappal. Fényessége  $-3,9^m$ , átmérője  $9,7''$ , fázisa 0,997-ről 0,999-re nő, majd újra 0,997-re csökken.

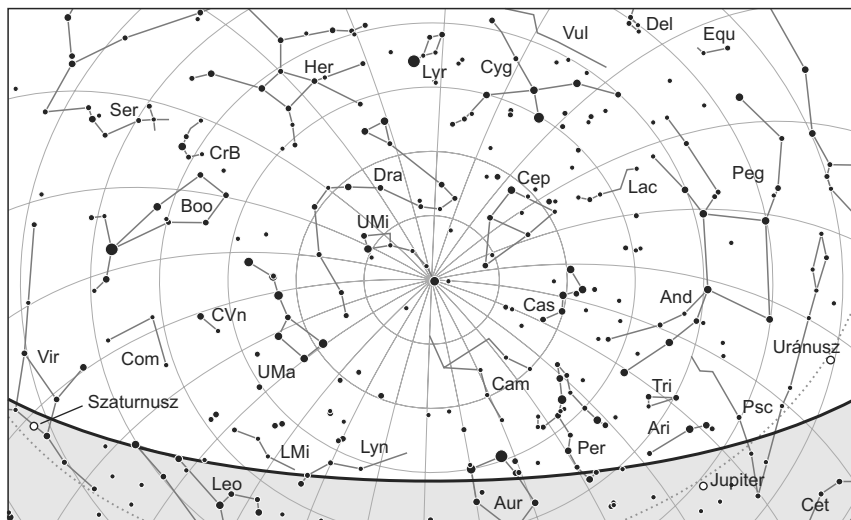
**Mars:** Előretartó mozgást végez a Bika, majd az Ikrek csillagképben. Kora hajnalban kel, a hajnali órákban látható a keleti égen. Fényessége  $1,4^m$ , átmérője  $4,4''$ -ről  $4,7''$ -re nő.

**Jupiter:** Előretartó, majd 30-ától hátráló mozgást végez a Kos csillagképben. Éjjél előtt kel, az éjszaka második felében feltűnően látszik a déli ég alján. Fényessége  $-2,5^m$ , átmérője  $43''$ .

**Szaturnusz:** Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Késő este nyugszik, napnyugta után kereshető a nyugati ég alján. Fényessége  $0,9^m$ , átmérője  $16''$ .

**Uránusz:** A késő esti órákban kel. Az éjszaka nagy részében látható a Halak csillagképben.

**Neptunusz:** Egész éjszaka megfigyelhető, 23-án van szembenállásban a Nappal. A Vízöntő csillagképben végzi hátráló mozgását.



Az északi égbolt augusztus 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

08.01	9:03	A 4%-os (14 óra 23 perces holdsarló) növekvő fázisú Holdtól 1,8°-ra északra látható a Merkúr a nappali égen
08.01	18:44	Hold maximális librációja ( $l = -2,50^\circ$ , $b = 7,33^\circ$ )
08.02	19:05	Hold északi librációja ( $b = 7,60^\circ$ )
08.02	19:39	A C/2009 P1 (Garradd)-üstökös 36'-re északra az M15 gömbhalmaztól
08.02	20:55	Hold földközelen (földtávolság: 365 786 km, látszó átmérő: 32'10", 13%-os, növekvő holdfázis)
08.05	4:30	A (4) Vesta kisbolygó oppozícióban a Capricornus csillagképben (5,6 <sup>m</sup> )
08.06	1:08	A Mars 42'-re az M35 nyílthalmaztól
08.06	11:08	Első negyed (Hold a Libra csillagképben)
08.07	20:52	A 66%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 20,1'-re látható a $\delta$ Scorpii (Dschubba, 2,4 <sup>m</sup> )
08.08	19:07	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-24,2^\circ$ -nál (75%-os, növekvő holdfázis)
08.09	2:14	A Mars 12,5'-re látható a 8 Geminorumtól és 14,8'-re a 9 Geminorumtól
08.09	13:27	A Hold keleti librációja ( $l = 6,01^\circ$ )
08.09	21:01	A Hold mögé belép a 4 Sagittarii (4,7 <sup>m</sup> , 84%-os, növekvő holdfázis)
08.10	22:25	A 92%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől 18,9'-re látható a $\xi^2$ Sagittarii (3,7 <sup>m</sup> )
08.11	20:03	A (4709) Ennomos kisbolygó (15,9 <sup>m</sup> ) elfedi a TYC 2224-01391-1-et (9,2 <sup>m</sup> )

**Dátum Időpont Esemény**

08.11	21:26	A Hold mögé belép az 57 Sagittarii (5,9 <sup>m</sup> , 96%-os, növekvő holdfázis)
08.13	2:20	A Perseidák meteorraj kettős maximuma 05:30 UT-kor és 08:00 UT-kor várható (a telehold nagyon zavarja a megfigyelést)
08.13	18:58	Telehold (Hold az Aquarius csillagképben)
08.14	2:23	A C/2009 P1 (Garradd)-üstökös 16'-re keletre a $\gamma$ Del-től
08.16	5:29	A Vénusz felső együttállásban a Nappal (a Naptól 1,3°-ra)
08.16	6:23	A Hold déli librációja ( $b = -6,24^\circ$ )
08.17	5:32	A Merkúr alsó együttállásban a Nappal (a Naptól 4,6°-ra)
08.18	16:15	A Hold földtávolban (földtávolság: 405 132 km, látszó átmérő: 29'30'', 79%-os, csökkenő holdfázis)
08.18		A Kappa Cygnidák meteorraj elhúzóódó maximuma (a 84%-os, csökkenő fázisú Hold zavarja az észlelést)
08.19	0:14	A (80) Sappho kisbolygó (11,9 <sup>m</sup> ) 2,3'-re délnyugatra a 37 Tauritól
08.20	3:13	A 67%-os, csökkenő fázisú Holdtól 5,4'-re délkeletre látható a Jupiter
08.20	21:00	A Hold minimális librációja ( $l = -3,30^\circ$ , $b = -2,95^\circ$ )
08.21	21:55	Utolsó negyed (Hold a Taurus csillagképben)
08.22	0:28	A 49%-os, csökkenő fázisú Hold 2,9°-ra megközelíti a Fiastyúkot (M45 nyílthalmaz) a Taurus csillagképben
08.22	23:26	A Neptunusz oppozícióban (7,8 <sup>m</sup> , 2,4'' látszó átmérő, Aquarius csillagkép)
08.23	6:19	A Hold eléri legnagyobb deklinációját +22,7°-nál (37%-os, csökkenő holdfázis)
08.23	23:09	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 08.24. 01:41 UT-kor
08.24	12:50	A Hold nyugati librációja ( $l = -7,42^\circ$ )
08.25	2:40	A 20%-os, csökkenő fázisú Holdtól 5,6°-ra északkeletre látható a Mars bolygó
08.26	15:06	A Hold maximális librációja ( $l = -6,78^\circ$ , $b = 4,96^\circ$ )
08.27	2:43	A C/2009 P1 (Garradd)-üstökös 4'-re délre az M71 gömbhalmaztól
08.27	3:23	47 óra 41 perces holdsarló 15° magasan a hajnali égen (a Merkúrtól 11°-ra nyugatra, a Marstól 22°-ra délkeletre, a két szabadszemes bolygó között)
08.28	2:44	A C/2009 P1 (Garradd)-üstökös 19'-re délnyugatra a $\zeta$ Sagittae-től
08.28	3:24	A 2%-os, csökkenő fázisú Holdtól 4,2°-ra északra látható a Merkúr
08.28	3:24	23 óra 40 perces holdsarló 3° magasan a hajnali égen (a Merkúrtól 5°-ra, Marstól 36°-ra délkeletre)
08.29	3:04	Újhold (Hold a Sextans csillagképben)
08.29	17:39	A Hold északi librációja ( $b = 7,47^\circ$ )
08.30	17:29	A Hold földközeli (földtávolság: 360 869 km, látszó átmérő: 33'07'', 4%-os, növekvő holdfázis)
08.31	17:59	A 10%-os, növekvő fázisú Holdtól 7,6°-ra északra látható a Szaturnusz

## Üstökösök

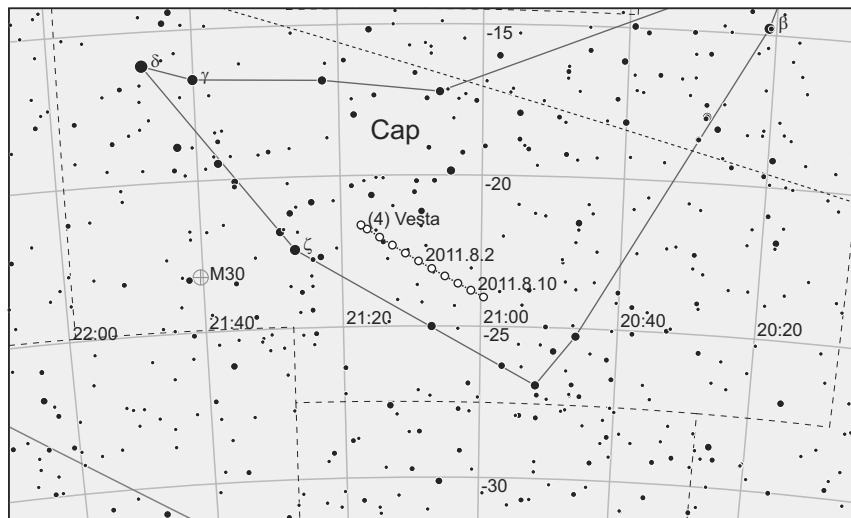
**C/2006 S3 (LONEOS).** A Scutum, majd a Serpens csillagképben kell keresni ezt a lassú mozgású, 12,5–13 magnitúdós üstökösöt. Augusztus 11-én este 20 ívperccel északra kell keresni az NGC 6664 nyílthalmaztól, másnap este hasonló távolságra lesz a 3,9 magnitúdós  $\alpha$  Scutitól, 23-án este pedig a 4,7 magnitúdós  $\zeta$  Scutit közelíti meg 12 ívpercre északra.

**C/2009 P1 (Garradd).** Egyre gyorsuló mozgásának köszönhetően a Pegasus nyugati részéből a Delphinus csillagképen keresztülhaladva egészen a Sagitta és a Vulpecula határáig jut. A hónap végére fényessége elérheti a 8 magnitúdót, így már kisebb binokulárokkal is megfigyelhető lesz az egész éjszaka látható üstökös. Augusztus első hajnalán fél fokkal délre láthatjuk az NGC 7094 planetáris ködöt, 2-án este 40 ívperccel északra halad el a fényes M15 gömbhalmaztól, majd 14-én hajnalban negyed fokra megközelíti a  $\gamma$  Delphinit, amely szép kettőscsillag. A Tejút sávját átszelő üstökös a hónap végén remek fotótémát kínál, 27-én hajnalban alig 7 ívperce megközelíti az M71 gömbhalmazt.

## Kisbolygók

**(1) Ceres.** Stacionárius pontját elhagyva déli, majd délnyugati irányba halad a Cetus nyugati felében, az  $\iota$  Cetitől délre. A 8,4 és 7,9 magnitúdó között fényesedő aszteroida 25-én hajnalban fél fokra északnyugatra megközelíti a 13,5 magnitúdós NGC 73 galaxist.

**(2) Pallas.** Szembenállásán túljutva lassú halványodásnak indul ez a 9,5 magnitúdós kisbolygó, miközben a Sagitta, majd az Aquila csillagképben halad délnyugati irányban. A gazdag csillagmező miatt fontos, hogy pontos csillagtérképet használjunk, és észlelésénél megvárjuk elmozdulását is, amely eléri az óránkénti 34"-et.



*A Vesta kisbolygó égi helyzete maximális fényessége időszakában.*

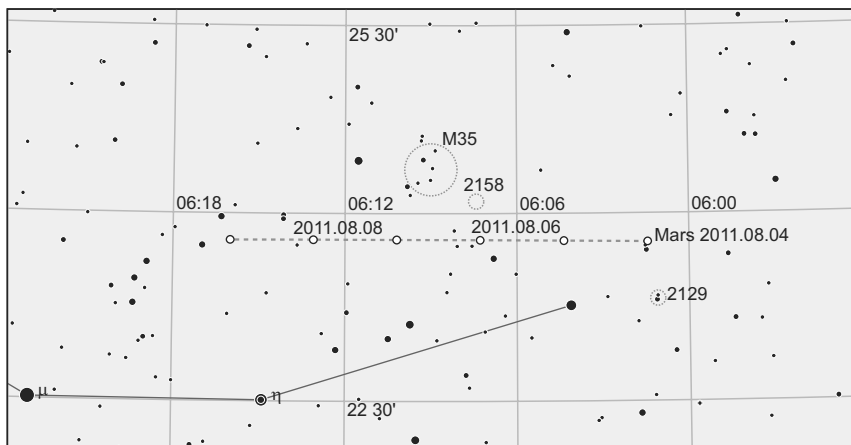
**(4) Vesta.** A hónap első napjaiban éri el maximális fényességét 5,6 magnitúdónál, így sötét, fényszennyezéstől mentes égbolton akár szabad szemmel is megpillantható. A Capricornus déli részén, fényes csillagok között halad délnyugat felé, a hónap utolsó estéjén 10 íppercre megközelíti a 4,2 magnitúdós  $\psi$  Capricornit, miközben maga már csak 6,1 magnitúdós lesz.

**(9) Metis.** A 9,6 és 10,2 magnitúdó között halványuló égitestet a déli horizont felett, a Capricornus csillagképben kereshetjük az éjféle órákban. Az egyre lassabban haladó aszteroida augusztus 22-én hajnalban két 8,5 magnitúdós csillaggal alkot szép hármast.

**(15) Eunomia.** A kisbolygóöv szívében keringő 340×250×210 km-es kisbolygót Annibale de Gasparis fedezte fel Nápolyból, 1851. július 29-én. A jog és a rend görög istennőjéről elnevezett aszteroida a hasonló nevű kisbolygócsalád szülőégitestje. Keringési ideje 4,3 év, naptávolsága 2,1 és 3,1 CSE között változhat, s mivel augusztus közepén éri el napközelpontját, igen kedvező szembenállás elé nézünk. Ebben a hónapban azonban még csak 9,7 és 9,4 magnitúdó között fog fényesedni a hajnali égen az Ariesben, majd a Perseusban látszó kisbolygó. A csillagkép sötét molekulafelhői előtt kelet felé vonuló aszteroida 25-én hajnalban 18 ípperccel északra halad el az 5,2 magnitúdós 42 Persei mellett, majd 30-án hajnalban 8 ípperccel északra kereshetjük az IC 2003 planetáris ködtől.

**(192) Nausikaa.** Az Aquarius csillagszegény vidékein kell keresni ezt a stacionárius pontját elhagyó, nyugat felé mozgó kisbolygót. Szokatlanul gyorsan, 9,7 és 8,4 magnitúdó között fényesedik, ami 1,9 CSE-es naptávolságának és az ebből adódó gyors földtávolság-, illetve fázisváltozásnak köszönhető. Ahogy „utolérjük” a kisbolygót, földtávolsága sokkal nagyobb arányban csökken, mint mondjuk egy 3 CSE távolságban járó kisbolygónál.

**(349) Dembowska.** Az Ercole Dembowski itáliai csillagászról elnevezett kisbolygót Auguste Charlois fedezte fel 1892. december 9-én. A fővön külső szélén keringő 140 km átmérőjű kisbolygó a ritka R spektroszkópiai osztályba tartozik, színképében olivint és



A Mars bolygó 42'-re az M35 nyílthalmaztól augusztus 6-án.



piroxént azonosítottak. Kevésbé elnyúlt pályája miatt fényessége nem változik jelentősen az oppozíciók során, a 10 magnitúdós fényesség meghaladásához mégis napközelsége környékén kell tartózkodnia. Ez történik ebben a hónapban is, amikor –27 fok körüli deklináció mellett észlelhetjük a 9,7–9,8 magnitúdós kisbolygót a Piscis Austrinus csillagkép északnyugati sarkában.

**(3103) Eger.** Augusztus 4-én éri el földközelségét 0,153 CSE-re bolygónktól. A 13,7 magnitúdós kisbolygó augusztus 1-jén 01 UT körül 3 ívperccel délre fog elhaladni a 3,6 magnitúdós  $\theta$  Cetitől. Földközelsége idején napi 3,5 fokot mozdul el délkelet felé, így megtalálásához pontos és jó határfényességű csillagtérképre lesz szükség. Mivel forgási periódusa 5,7 óra, a fényességváltozás amplitúdója pedig 0,7–0,9 magnitúdó, akár vizuálisan is érzékelhetjük forgását, amint kevesebb mint két óra alatt közel 1 magnitúdóval fényesebb, majd halványabb lesz. Földközelsége után gyorsan halványodik, a hónap végén már csak 16 magnitúdós lesz.

## Augusztus 6.: a Mars bolygó 42'-re az M35 nyílthalmaztól

Ezen az augusztusi hajnalon a viszonylag gyorsan mozgó Marsot láthatjuk az M35 nyílthalmaz közelében. A vörös bolygó elmozdulása a csillagok között már egyetlen nap alatt is jól kivehető. A hajnali égen a Nap mögül előbújó bolygó és a fél fokos, 5 magnitúdós halmaz párosa 01:00 UT-kor 10 fok magasan még a sötét égen figyelhető meg. A látvány nagyszerűnek ígérkezik, és fotók is készíthetők a szép égi párosról.

## A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrektció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
8 5	20	11	41	be	2011	6,3	43 +	3	58 É	79	+0,6	–1,2
8 9	19	36	47	be	2584	6,5	84 +	19	19 D	161	+2,9	–3,9
8 9	21	0	30	be	2589 4 Sgr	4,7	84 +	16	36 D	143	+2,6	–2,5
8 11	21	25	53	be	2902 57 Sgr	5,9	96 +	24	47 D	127	+2,7	–1,3
8 16	1	46	18	ki	146526	7,4	95 –	38	55 É	273	+2,0	–1,0
8 19	0	24	53	ki	197	7,0	76 –	48	80 É	256	+1,5	+1,4
8 19	22	59	38	ki	313	7,1	68 –	32	9 D	168	–2,4	+6,3
8 21	22	3	1	ki	534	6,1	50 –	11	78 D	245	–0,3	+1,7
8 21	23	51	19	ki	76212	8,0	49 –	29	62 É	285	+0,7	+1,1
8 22	0	18	27	ki	76227	8,1	49 –	33	72 É	275	+0,7	+1,3
8 22	3	11	58	ki	76308	8,3	48 –	59	90 D	258	+1,6	+1,2
8 24	2	16	36	ki	861	6,4	28 –	36	22 É	336	+2,1	–2,6
8 24	2	30	24	ki	77418	7,7	28 –	38	60 É	298	+1,1	+0,5
8 24	2	41	18	ki	77427	8,7	28 –	40	78 D	256	+0,8	+1,8
8 24	2	45	8	ki	77443 NSV 16641	8,3	28 –	41	20 É	338	+2,4	–3,5
8 24	3	6	20	ki	77442	8,3	28 –	44	84 É	274	+1,1	+1,1
8 25	0	32	9	ki	78500	8,2	20 –	10	82 D	264	–0,2	+1,4

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekcio	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
8 25	1	10	35	ki	1010	7,9	20 – 16		45 D	227	-0,4	+2,5
8 25	2	37	46	ki	78587	8,6	19 – 30		23 É	339	+1,5	-2,2
8 26	1	25	59	ki	1142	8,0	12 – 8		59 D	244	-0,4	+1,9
8 26	2	0	45	ki	97018	8,1	12 – 13		62 D	247	-0,2	+1,9
8 26	2	41	40	ki	97051	8,9	12 – 20		68 D	253	+0,1	+1,9
8 26	3	5	18	ki	97072	7,7	11 – 23		46 D	232	+0,0	+2,9
8 27	2	14	49	ki	97867 FQ Cnc	8,5	5 – 4		34 D	220	-0,7	+3,5

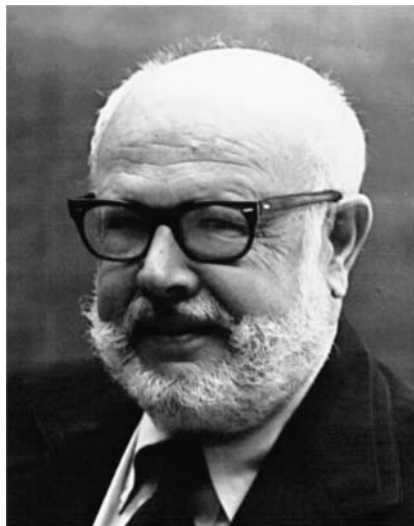
## Évforduló

### 100 éve született William Fowler, Nobel-díjas amerikai asztrofizikus

William Alfred „Willie” Fowler 1911. augusztus 9-én született Pittsburgh-ben (Pennsylvania, USA), de kétéves korában a család az Ohio állambeli Limába költözött. A Limai Központi Középiskola után az Ohio Állami Egyetemre járt, ahol 1933-ban végzett mérnök-fizikusként. PhD-fokozata megszerzése végett a Kaliforniai Műszaki Egyetem (Caltech, Pasadena) magfizikai részlegéhez került, ahol élete végéig dolgozott. A Kellogg Sugárzási Laboratóriumban kezdett dolgozni, először csak a megélhetésért, de hamarosan már a kutatási lehetőség miatt. Saját ködkamrát készített, és olyan tükröatommagok sajátosságait kezdte vizsgálni, mint a  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{17}\text{F}$ , mindeközben az elsők között szerzett bizonyítékot a magerők töltésfüggetlenségére. E témából szerezte meg végül PhD fokozatát, 1936-ban. 1941–45 között ez a kutatócsoport is katonai feladatokat látott el, 1943-ban a Manhattan-terv számára dolgoztak hagyományos robbanószerkeken és gyújtószerkezeteken.

A háború végeztével visszatért a magfizikához, és a csillagokban folyó reakciókat kezdte tanulmányozni. 1953-ra világossá vált, hogy az akkor már közismert CN ciklus nem lehet felelős a Napban folyó energiatermelés java részéért – és a kutatás iránya a hidrogén-égető p-p lánc reakciói irányába kanyarodott el. Ed Salpeter 1951-es és Fred Hoyle 1952-es látogatása hatására a Kellogg laboratórium kutatásait kiterjesztették a héliumégésre és a nehezebb elemeket termelő háromalfa-folyamatra. Nagy hatású cikke, az 1957-ben megjelent *Synthesis of the Elements in Stars*, amelyet többek között Fred Hoyle-lal közösen írt, megmagyarázta csaknem az összes kémiai elem keletkezését a csillagok belsejében létrejövő magfizikai folyamatokkal. A szerzők névbetűi alapján ezt a híressé vált cikket röviden csak mint B<sup>2</sup>FH hivatkozzák. Ez volt az első olyan koherens elméleti munka, amely elegendő észlelési, számítási és magfizikai részletet közölt, hogy a csillagokban folyó nukleoszintézis teljes elméleteként legyen tekinthető. Nyolc olyan folyamatot vetettek fel, amely felelős lehet a 4-nél nagyobb rendszámú elemek felépüléséért. E nukleáris reakciók kísérleti tanulmányozásában is jelentős eredményeket ért el. Elmélete a mai napig e téma megértésének alapja, és a magfizika későbbi kutatásai is rendre igazolták helytállóságát.

A transzurán elemek izotópjai eredetének megértése alapján – Fowler és Hoyle ez irányú ismereteiket alkalmazva dolgozták ki a radioaktív kormeghatározás alapjait 1959-ben. Ennek első alkalmazásaként a Tejútrendszer korát 10 milliárd évesnek be-



csülték. 1960–63 során Hoyle és Fowler javaslatot tettek a rádiógalaxisok lehetséges energiaforrására, amit  $10^5$ – $10^8$  naptömegnyi pontforrásokként képzeltek el. Egy szupernagy tömegű csillagnak gondolták, rotációval, és a relativitáselmélet szerepét is tekintetbe vették. Azt a fontos lehetőséget viszont kihagyták, hogy ezek az objektumok lehetnek forgó, szupermasszív fekete lyukak. A nagy tömegű csillagok fejlődése és a szupernóvák természete is foglalkoztatta Fowlert. A későbbi kutatások tükrében a II. típusú szupernóvákat leíró modellje kicsit még éretlen, de például a neutrínóvesztés kritikus szerepét viszonylag pontosan írja le. További fontos munkája az első részletes modell a Nap neutrínófluxusának megjósolására. 1967-ben tanítványaival és kollégáival még a korai Univerzum He-produkcióján felül kiszámolta a szénnél könnyebb vala-

mennyi elem esetleges termelődésének feltételeit, és arra jutottak, hogy  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$  és  $^7\text{Li}$  keletkezhetett, relatív mennyiségükre a megfigyelésekkel összhangban lévő értékeket kaptak. Az 1970–80-as években még részt vesz a 24-nél kisebb rendszámú magok termonukleáris reakcióinak rendszerezésében és táblázataik összeállításában, a legutolsó 1988-ban jelenik meg.

Élete során számos díjjal tüntették ki, 1963-ban elnyeri az Amerikai Csillagászati Társaság Henry Norris Russell-díját, majd több más díj után 1979-ban a Bruce-érmet és végül 1983-ban Chandrasekharral megosztva a fizikai Nobel-díjat is. Ez utóbbi indoklása: „a kémiai elemeknek az Univerzumban történő kialakulása magreakcióinak elméleti és kísérleti tanulmányozásáért”. Társasági ember lévén hallgatói, kollégái körében sok barátja volt, kedvenc időtöltése volt a hegymászás. Élete utolsó éveiben is folyamatosan tartotta a kapcsolatot fiatalabb kutató kollégáival, rendszeres konzultációval segítette őket. Még utolsó óráiban is egyes magátalakulásokra vonatkozó adatok újraszámolásán, ellenőrzésén, pontosításán dolgozott. 1995. március 14-én érte utol a halál Pasadena-ban. Tudományos munkájáról, életéről is könyv készült, nevét a (12137) Williefowler kisbolygó őrzi az égen.

## Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	0: 2,1	Europa	ek
	2:26,5	Europa	ev
5	1:47,1	Io	fk
	22:58,0	Io	ák
6	0:20,7	Io	ek
	1: 7,8	Io	áv
	2:28,9	Io	ev
	23:24,5	Ganymedes	ek
	23:50,6	Io	mv
7	1: 1,5	Ganymedes	ev
	23:46,7	Europa	ák
8	2:17,8	Europa	áv
	2:38,0	Europa	ek
9	23:12,3	Europa	mv
13	0:51,7	Io	ák
	2:13,3	Io	ek
	3: 1,5	Io	áv
	21:31,8	Ganymedes	ák
	22: 9,8	Io	fk
	23:40,9	Ganymedes	áv
14	1:43,2	Io	mv
	21:29,9	Io	áv
	22:49,4	Io	ev
15	2:23,5	Europa	ák
16	23: 5,5	Europa	fv
	23:19,6	Europa	mk
17	1:43,5	Europa	mv
18	20:50,2	Europa	ev
20	2:45,4	Io	ák
21	0: 4,0	Io	fk
	1:32,7	Ganymedes	ák
	21:13,8	Io	ák
	22:32,6	Io	ek
	23:23,7	Io	áv

nap	UT h:m	hold	jelenség
22	0:40,7	Io	ev
	22: 2,3	Io	mv
23	23: 9,2	Europa	fk
24	1:40,5	Europa	fv
	1:49,4	Europa	mk
	20:59,8	Ganymedes	mk
	22:28,4	Ganymedes	mv
25	20:49,1	Europa	áv
	20:57,9	Europa	ek
	23:19,5	Europa	ev
28	1:58,1	Io	fk
	23: 7,6	Io	ák
29	0:22,8	Io	ek
	1:17,5	Io	áv
	2:30,8	Io	ev
	20:26,7	Io	fk
	23:52,3	Io	mv
30	19:46,0	Io	áv
	20:58,2	Io	ev
31	1:44,6	Europa	fk
	21:33,2	Ganymedes	fv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

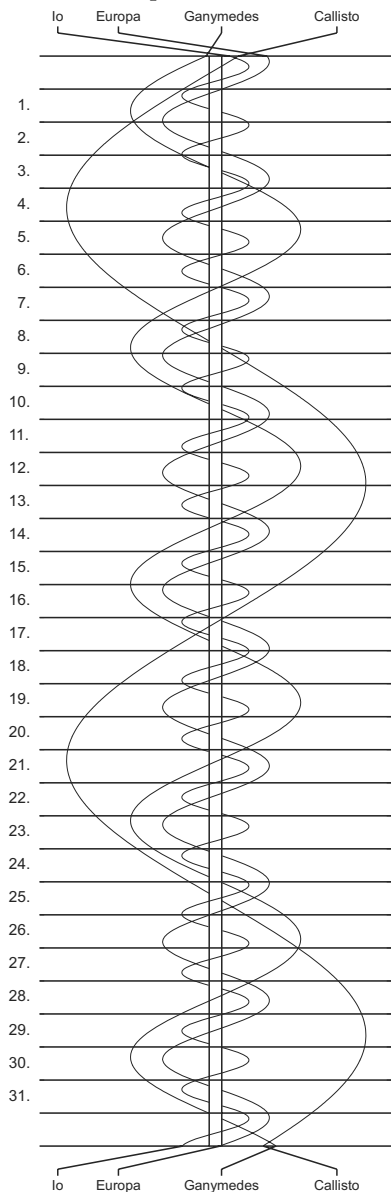
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

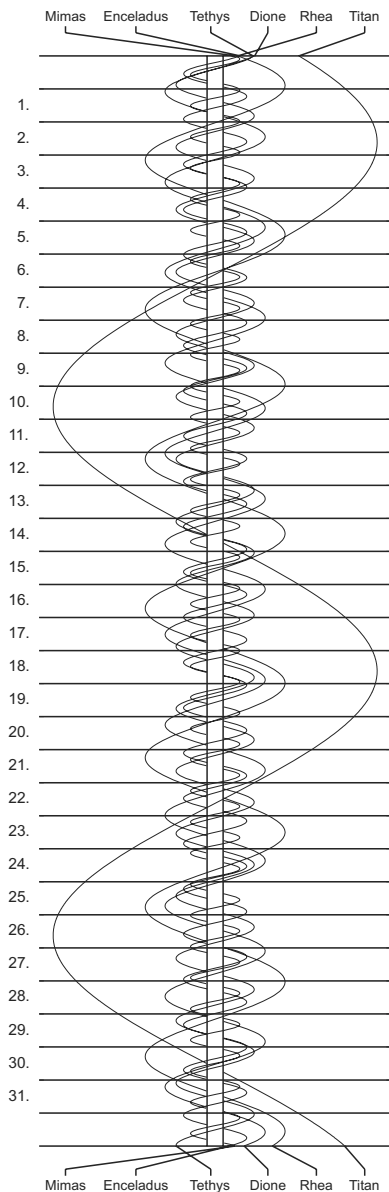
k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

### Jupiter-holdak



### Szaturnusz-holdak



$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – szeptember**

KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. cs 244.	5 01	11 44	18 25	50,8	-0,3	9 23	14 35	19 38	
2. p 245.	5 03	11 43	18 23	50,5	+0,0	10 43	15 32	20 14	
3. sz 246.	5 04	11 43	18 21	50,1	+0,4	11 59	16 30	20 56	
4. v 247.	5 05	11 43	18 19	49,7	+0,7	13 07	17 28	21 47	● 18 39
36. hét									
5. h 248.	5 07	11 42	18 17	49,4	+1,0	14 06	18 25	22 45	
6. k 249.	5 08	11 42	18 15	49,0	+1,3	14 54	19 20	23 49	
7. sz 250.	5 09	11 42	18 13	48,6	+1,7	15 34	20 12	–	
8. cs 251.	5 11	11 41	18 11	48,2	+2,0	16 06	21 01	0 57	
9. p 252.	5 12	11 41	18 09	47,9	+2,4	16 32	21 47	2 04	
10. sz 253.	5 13	11 41	18 07	47,5	+2,7	16 56	22 31	3 11	
11. v 254.	5 15	11 40	18 05	47,1	+3,1	17 17	23 13	4 16	
37. hét									
12. h 255.	5 16	11 40	18 03	46,7	+3,4	17 37	23 55	5 20	○ 10 27
13. k 256.	5 17	11 40	18 01	46,4	+3,8	17 57	–	6 24	
14. sz 257.	5 19	11 39	17 59	46,0	+4,1	18 19	0 36	7 27	
15. cs 258.	5 20	11 39	17 57	45,6	+4,5	18 43	1 19	8 30	
16. p 259.	5 21	11 39	17 55	45,2	+4,8	19 10	2 02	9 33	
17. sz 260.	5 23	11 38	17 53	44,8	+5,2	19 43	2 48	10 34	
18. v 261.	5 24	11 38	17 51	44,4	+5,5	20 22	3 35	11 34	
38. hét									
19. h 262.	5 25	11 38	17 49	44,0	+5,9	21 09	4 25	12 30	
20. k 263.	5 27	11 37	17 47	43,7	+6,3	22 05	5 16	13 20	● 14 39
21. sz 264.	5 28	11 37	17 45	43,3	+6,6	23 09	6 08	14 05	
22. cs 265.	5 29	11 36	17 43	42,9	+7,0	–	7 01	14 43	
23. p 266.	5 31	11 36	17 41	42,5	+7,3	0 19	7 54	15 16	
24. sz 267.	5 32	11 36	17 39	42,1	+7,7	1 33	8 46	15 45	
25. v 268.	5 33	11 35	17 37	41,7	+8,0	2 51	9 39	16 12	
39. hét									
26. h 269.	5 35	11 35	17 35	41,3	+8,4	4 11	10 32	16 38	
27. k 270.	5 36	11 35	17 33	40,9	+8,7	5 33	11 26	17 06	● 12 09
28. sz 271.	5 38	11 34	17 31	40,5	+9,0	6 56	12 21	17 36	
29. cs 272.	5 39	11 34	17 29	40,2	+9,4	8 18	13 19	18 10	
30. p 273.	5 40	11 34	17 27	39,8	+9,7	9 39	14 18	18 52	

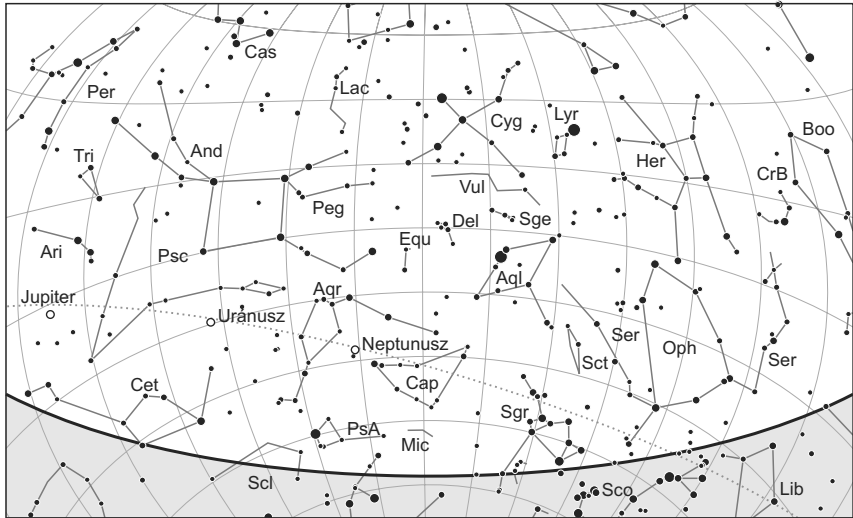
A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

## szeptember

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 806	22 39 15	Egyed, Egon, Ignác, Izabella, Noémi, Tamara
2.	2 455 807	22 43 11	Rebeka, Dorina, Ella, Ingrid, István, Margit, Teodóra
3.	2 455 808	22 47 08	Hilda, Gergely, Gergő
4.	2 455 809	22 51 04	Rozália, Ida, Róza, Rózsa
5.	2 455 810	22 55 01	Viktor, Lőrinc, Albert
6.	2 455 811	22 58 57	Zakariás, Bea, Beáta, Csanád, Ida
7.	2 455 812	23 02 54	Regina, Dusán, István, Menyhért
8.	2 455 813	23 06 50	Mária, Adrienn, Adorján, Adrián, Adriána, Irma
9.	2 455 814	23 10 47	Ádám, Péter
10.	2 455 815	23 14 44	Nikolett, Hunor, Erik, Miklós, Nikola, Noémi, Zalán
11.	2 455 816	23 18 40	Teodóra, Emil, Helga, Jácint, Milán
12.	2 455 817	23 22 37	Mária, Ibolya, Irma
13.	2 455 818	23 26 33	Kornél, János, Lujza
14.	2 455 819	23 30 30	Szeréna, Roxána
15.	2 455 820	23 34 26	Enikő, Melitta, Katalin, Loránd, Lóránt, Mária, Roland
16.	2 455 821	23 38 23	Edit, Ditta, Kornél, Kornélia, Lúcia, Soma
17.	2 455 822	23 42 19	Zsófia, Ildikó, Róbert
18.	2 455 823	23 46 16	Diána, József, Richárd
19.	2 455 824	23 50 13	Vilhelmina, Emília, Mária, Szabolcs, Tivadar, Vilma
20.	2 455 825	23 54 09	Friderika, Frida, Zsuzsa, Zsuzsanna
21.	2 455 826	23 58 06	Máté, Ildikó, Míra, Mirella
22.	2 455 827	0 02 02	Móric, Írisz, Ottó, Tamás
23.	2 455 828	0 05 59	Tekla, Ildikó, Ilona
24.	2 455 829	0 09 55	Gellért, Mercédesz, Gerda, Mária
25.	2 455 830	0 13 52	Eufrozina, Kende, Miklós, Nikolett, Nikoletta
26.	2 455 831	0 17 48	Jusztina, Dániel
27.	2 455 832	0 21 45	Adalbert, Albert, Károly, Vince
28.	2 455 833	0 25 42	Vencel, Bernát, Jusztina
29.	2 455 834	0 29 38	Mihály, Gábor, Gabriella, Rafael
30.	2 455 835	0 33 35	Jeromos, Felícia, Hunor, Örs, Viktor, Zsófia

14. A bizánci naptár 7520. évének kezdete

28. A zsidó naptár 5772. évének kezdete



*A déli égbolt szeptember 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** 3-án kerül legnagyobb nyugati kitérésbe,  $18,1^\circ$ -ra a Naptól. Ez az ideig egyik legjobb hajnali láthatósága. 1-jén még másfél, 20-án már csak háromnegyed órával kel a Nap előtt. Ezután láthatósága gyorsan romlik, 29-én már felső együttállásban van a Nappal.

**Vénusz:** A hónap végén már kereshető az esti nyugati ég alján. 30-án is még csak fél órával nyugszik a Nap után, megtalálásának nem kedvez a Naphoz viszonyított helyzete. Fényessége  $-3,9^m$ , átmérője  $9,7''$ -ről  $10''$ -re nő, fázisa  $0,997$ -ről  $0,98$ -ra csökken.

**Mars:** Előretartó mozgást végez az Ikrek, majd a Rák csillagképben. Éjfél után kel, a hajnali órákban figyelhető meg a keleti égen. Fényessége lassan kezd növekedni,  $1,4^m$ -ről  $1,3^m$ -ra, átmérője viszont egyre gyorsabban nő,  $4,7''$ -ről  $5,2''$ -re.

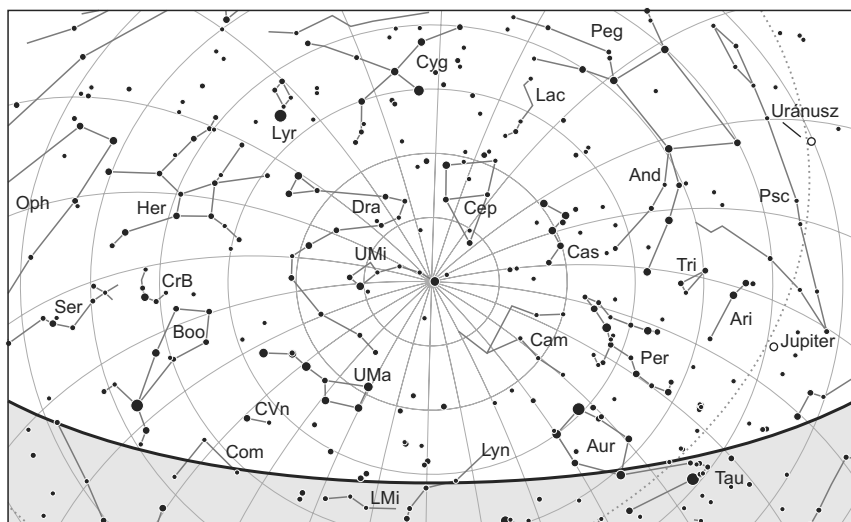
**Jupiter:** Hátráló mozgást végez a Kos csillagképben. Este kel, az éjszaka nagy részében feltűnően látszik a déli égen. Fényessége  $-2,8^m$ , átmérője  $47''$ .

**Szaturnusz:** Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hónap nagy részében még kereshető napnyugta után a nyugati látóhatár közelében. A hónap végére tűnik el az alkonyi fényben. Fényessége  $0,9^m$ , átmérője  $16''$ .

**Uránusz:** Egész éjszaka látható a Halak csillagképben. 26-án szembenállásban van a Nappal.

**Neptunusz:** Az éjszaka első felében figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Kora hajnalban nyugszik.





Az északi égbolt szeptember 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

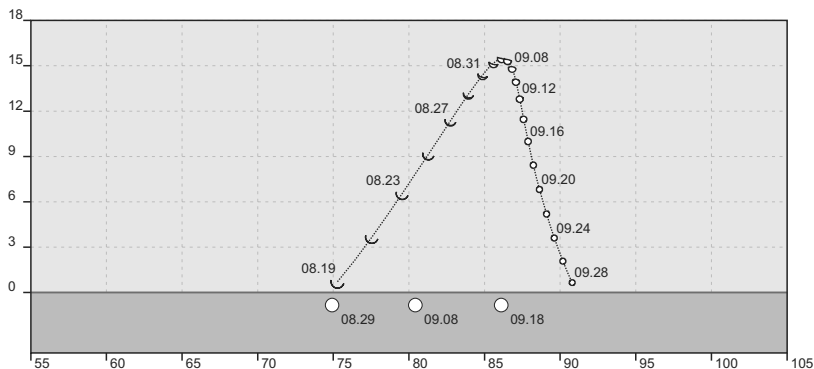
## Eseménynaptár

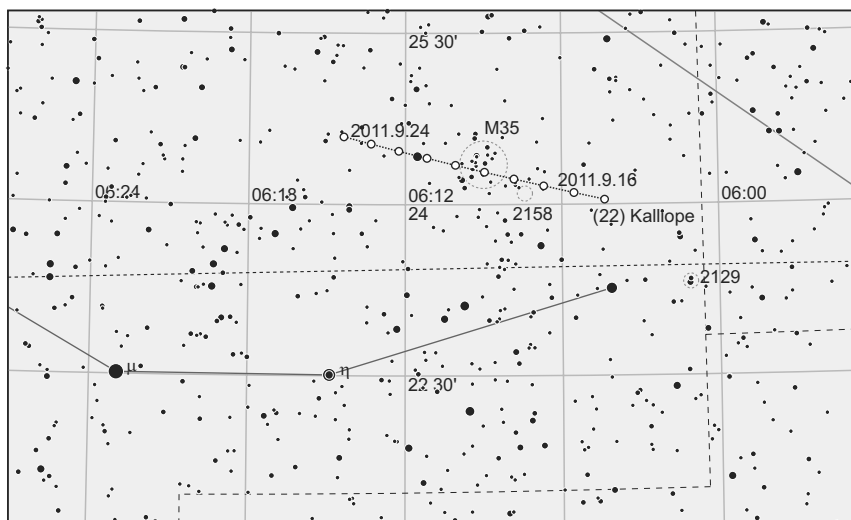
### Dátum Időpont Esemény

09.02	0:43	A Mars 10,7'-re megközelíti az 58 Geminorumot
09.02	5:14	A (192) Nausikaa kisbolygó oppozícióban az Aquarius csillagképben (8,3 <sup>m</sup> )
09.02	18:10	A Szaturnusz 4,3'-re látható a 44 Virginistól
09.03	5:56	A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (18,1° elongáció, -0,2 <sup>m</sup> , 7,3'' átmérő, 45% fázis, Leo csillagkép)
09.04	11:12	A Merkúr dichotómiája (50% fázis, 18°-os nyugati elongáció, 7,0'' lát- szó átmérő)
09.04	17:39	Első negyed (Hold az Ophiuchus csillagképben)
09.04	18:02	A Hold eléri legkisebb deklinációját -23,8°-nál (50%-os, növekvő hold- fázis)
09.05	11:30	A Hold keleti librációja (l = 7,25°)
09.06	18:25	A 71%-os, növekvő fázisú Hold 1,5°-ra az M22 gömbhalmaztól a Sagit- tarius csillagképben
09.07	23:26	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az ár- nyékból 09.08. 01:34 UT-kor
09.09	2:17	A Mars 3,7'-re megközelíti a HIP 37579-et (7,1 <sup>m</sup> )
09.09	3:41	A Merkúr 40'-re a Regulustól (α Leonis)
09.11	1:37	A Callisto (Jupiter-hold) 11''-re a Jupiter északi pólusa felett
09.11	23:16	A (372) Palma kisbolygó (11,6 <sup>m</sup> ) 1,5°-re északnyugatra a 47 Androme- dae-tól

**Dátum Időpont Esemény**

09.12	4:45	A Hold déli librációja ( $b = -6,16^\circ$ )
09.12	9:27	Telehold (Hold a Pisces csillagképben)
09.12	22:59	A Hold mögül kilép a 16 Piscium ( $5,7^m$ , 99%-os, csökkenő holdfázis)
09.14	18:44	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
09.15	3:27	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
09.15	6:12	A Hold földtávolban (földtávolság: 406 047 km, látszó átmérő: $29'26''$ , 93%-os, csökkenő holdfázis)
09.16	3:51	A 88%-os, csökkenő fázisú Holdtól $7,8^\circ$ -ra keletre látható a Jupiter
09.16	17:43	Az (1) Ceres kisbolygó oppozícióban a Cetus csillagképben ( $7,7^m$ )
09.16	18:57	A Hold minimális librációja ( $l = -2,38^\circ$ , $b = -3,10^\circ$ )
09.18	3:17	A 73%-os, csökkenő fázisú Hold $3,8^\circ$ -ra a Fiastyúktól (M45 nyílthalmaz) a Taurus csillagképben
09.18	20:52	A Hold mögül kilép az 51 Tauri ( $5,6^m$ , 66%-os, csökkenő holdfázis)
09.18	21:30	A Hold mögül kilép az 56 Tauri ( $5,3^m$ , 66%-os, csökkenő holdfázis)
09.19	0:03	A 65%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől $2,5'$ -re látható a $\kappa^1$ Tauri ( $4,2^m$ )
09.19	0:25	A Hold mögül kilép a 67 Tauri ( $5,3^m$ , 65%-os, csökkenő holdfázis)
09.19	1:18	A (22) Kalliope kisbolygó ( $11,5^m$ ) $7,9'$ -re északnyugatra az NGC 2158 nyílthalmaztól ( $8,6^m$ )
09.19	22:47	A Hold mögül kilép a 108 Tauri ( $6,3^m$ , 56%-os, csökkenő holdfázis)
09.20	0:05	A Hold súrolva elfedi a ZC 792-t a déli pereme mentén ( $5,0^m$ , kettős-csillag, 56%-os, csökkenő holdfázis)
09.20	3:20	A Hold eléri legnagyobb deklinációját $+22,4^\circ$ -nál (54%-os, csökkenő holdfázis)
09.20	13:39	Utolsó negyed (Hold a Taurus csillagképben)
09.20	22:07	A (22) Kalliope kisbolygó ( $11,5^m$ ) $3,2'$ -cel délre az M35 nyílthalmaztól (a halmaz csillagai közt látható)
09.20	22:21	A 9%-os, csökkenő fázisú Hold $2,8^\circ$ -ra megközelíti az M35 nyílthalmazt a Gemini csillagképben

*A Merkúr a hajnali égen.*



*A Kalliope pályája szeptember 20-án az M35 nyílthalmazt keresztezi.*

### Dátum Időpont Esemény

09.21	2:54	A (429) Lotis kisbolygó (14,6 <sup>m</sup> ) elfedi a TYC 1319-01856-1-et (11,5 <sup>m</sup> )
09.22	11:50	A Hold nyugati librációja ( $l = -8,09^\circ$ )
09.22	23:41	A Hold mögül kilép az 5 Cancri (6,0 <sup>m</sup> , 26%-os, csökkenő holdfázis)
09.23	3:25	A 24%-os, csökkenő fázisú Holdtól 5°-ra északra látható a Mars
09.23	9:05	Őszi napéjegyenlőség
09.23	13:35	A Hold maximális librációja ( $l = -7,57^\circ$ , $b = 5,79^\circ$ )
09.25	1:53	A (693) Zerbinetta kisbolygó (15,1 <sup>m</sup> ) elfedi a TYC 2928-01413-1-et (11,3 <sup>m</sup> )
09.26	0:15	Az Uránusz oppozícióban (5,7 <sup>m</sup> , 3,7'' látszó átmérő, Pisces csillagkép)
09.26	4:05	31 óra 4 perces holdsarló 8° magasan a hajnali égen
09.26	15:11	A Hold északi librációja ( $b = 7,51^\circ$ )
09.27	11:09	Újhold (Hold a Virgo csillagképben)
09.28	0:16	A Merkúr eléri legnagyobb fényességét, -1,6 magnitúdót (látszó átmérője 4,8'', fázisa közel 100%)
09.28	0:57	A Hold földközlelben (földtávolság: 357 560 km, látszó átmérő: 33'25'', 1%-os, növekvő holdfázis)
09.29	0:25	A Merkúr felső együttállásban a Nappal (a Naptól 1,3°-ra)
09.29	16:50	A szoros közelségben levő Vénusz és Szaturnusz, valamint a 8%-os, növekvő fázisú holdsarló látványos együttállása az esti égen
09.30	17:11	Az 15%-os, növekvő fázisú Hold 16'-re az NGC 5897 gömbthalmaztól a Libra csillagképben
09.30	18:57	A (13) Egeria kisbolygó (10,5 <sup>m</sup> ) 10,4'-re északra az NGC 210 galaxistól (10,9 <sup>m</sup> )

## Üstökösök

**C/2006 S3 (LONEOS).** A Serpens csillagképben mozog délnyugat felé, stacionárius pontjához közeledve mozgása egyre lassul, fényessége 13 magnitúdó körül várható. A Jupiter távolságában járó üstököst a hónap utolsó napjaiban 1,3 fokkal délre kell keresni a 3,3 magnitúdós  $\nu$  Ophiuchitól.

**P/2006 T1 (Levy).** Minden idők egyik legsikeresebb üstökös vadásza, az amerikai David Levy fedezte fel vizuálisan 2006. október 2-án, 41 cm-es távcsővel. Levy nevéhez kilenc vizuális és 13 fotografikus felfedezés fűződik, felfedezői pályafutását 1984-ben kezdte. Leghíresebb felfedezése az 1993-ban megtalált Shoemaker–Levy 9-üstökös volt, amely 1994 nyarán több darabra szakadva a Jupiterbe zuhant. A 10,5 magnitúdós P/2006 T1-ről hamar kiderült, hogy meglepően rövid idő, 5,2 év alatt járja körül csillagunkat, napközelpontja pedig a földpálya távolságában jár. Bár a XX. században több jelentős földközelsége is volt (1963-ban például 0,208 CSE-re megközelítette a bolygónkat), mégsem sikerült felfedezni, ezért azt feltételezik, hogy 2006-ban kitörésen esett át. Emiatt meglehetősen bizonytalan a mostani napközelségkor várható fényessége, és az első visszatérés miatt a pontos helyzete. Mivel azonban 2012 januárjában 0,193 CSE-re megközelíti a bolygónkat, mindenképpen érdemes figyelni az égitestre, hiszen kedvező esetben akár 7–8 magnitúdóra is kifényesedhet. Szeptemberben azonban még csak 13,5–12,5 magnitúdó között fog fényesedni az Andromeda csillagkép nyugati felében északnyugat felé mozgó üstökös, amely 28-án hajnalban néhány ívpercre megközelíti a 4,3 magnitúdós  $\iota$  Andromedae-t.

**C/2009 P1 (Garradd).** A Tejút síkját elhagyva a Vulpecula csillagképből a Sagitta érintésével egészen a Herculesig jut. Gyorsan növekvő földtávolsága miatt fényesedése ebben a hónapban megtorpan, várhatóan 8 magnitúdó körül állandósul. Szeptember 2-a és 4-e között a Cr 399 jelű aszterizmus, ismertebb nevén a Vállfa közelében észlelhetjük, a jellegzetes alakzat középpontjától fél fokkal délre fog elhaladni.

**C/2010 G2 (Hill).** Rik Hill, a Catalina Sky Survey operátora fedezte fel 2010. április 10-én. A nagyjából 1000 éves keringési idejű üstökös ekkor még a Jupiter távolságában járt, de szeptember 2-án 1,981 CSE-re megközelíti a Napot. A hajnali égen látszó üstökös a Lynx csillagképben mozog dél-délnyugati irányban, fényessége 13–12,5 magnitúdó körül várható. Bár a Naptól már távolodik, jelentősen csökkenő földtávolsága miatt lassú fényesedése várható.

**78P/Gehrels 2.** Tom Gehrels amerikai csillagász hat üstököst fedezett fel 1972 és 1997 között. Második periodikus üstökösét 1973. szeptember 29-én azonosította a nagy palomari Schmidt-teleszkóp felvételein. Az akkor még 2,35 CSE-es perihélium-távolsága 1995-ben a Jupiter gravitációs hatása miatt 2,0 CSE-re csökkent, így legutóbbi napközelségei idején közepes méretű távcsövekkel vizuálisan is elérhetővé vált a 12–13 magnitúdóig fényesedő üstökös. A mostani visszatérése ( $T = 2012.$  január 13.) is kedvezően alakul, októberben 1,19 CSE-re megközelíti bolygónkat, így fényessége ismét elérheti a 12–13 magnitúdót. A Pisces nyugati részén délnyugati felé haladó üstökös ebben a hónapban még inkább 13 magnitúdós lesz, 3-án este 18 ívperce északnyugatra fog elhaladni a 4 magnitúdós  $\omega$  Pisciumtól.

P/2006 T1 (Levy)

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
09.01.	00 10 43	+36 27 41	1,117	1,928	130	13,6
09.06.	00 07 18	+37 55 11	1,051	1,885	133	13,4
09.11.	00 02 45	+39 19 02	0,989	1,841	135	13,1
09.16.	23 57 00	+40 37 28	0,931	1,797	136	12,9
09.21.	23 50 03	+41 48 21	0,877	1,752	137	12,7
09.26.	23 41 57	+42 49 20	0,827	1,708	138	12,4
10.01.	23 32 51	+43 38 01	0,782	1,664	138	12,2
10.06.	23 23 02	+44 12 24	0,739	1,620	137	11,9
10.11.	23 12 50	+44 31 02	0,701	1,575	135	11,7
10.16.	23 02 41	+44 33 01	0,666	1,531	133	11,5
10.21.	22 52 59	+44 18 15	0,634	1,488	131	11,2
10.26.	22 44 14	+43 47 30	0,604	1,445	128	11,0
10.31.	22 36 51	+43 02 30	0,576	1,402	124	10,8
11.05.	22 31 09	+42 05 41	0,550	1,360	121	10,5
11.10.	22 27 21	+40 59 27	0,525	1,319	117	10,3
11.15.	22 25 35	+39 45 52	0,501	1,279	114	10,1
11.20.	22 25 58	+38 26 29	0,477	1,241	111	9,8
11.25.	22 28 34	+37 02 18	0,452	1,204	108	9,6
11.30.	22 33 28	+35 33 43	0,427	1,169	105	9,3
12.05.	22 40 45	+33 59 56	0,401	1,137	102	9,1
12.10.	22 50 29	+32 18 39	0,375	1,108	99	8,8
12.15.	23 02 52	+30 25 46	0,348	1,081	97	8,5
12.20.	23 18 09	+28 15 12	0,320	1,058	95	8,3
12.25.	23 36 43	+25 38 39	0,293	1,039	93	8,0

C/2010 G2 (Hill)

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
09.01.	07 58 59	+55 25 24	2,351	1,981	57	12,8
09.06.	07 58 06	+54 38 04	2,288	1,982	60	12,8
09.11.	07 56 26	+53 52 50	2,220	1,984	63	12,7
09.16.	07 53 52	+53 09 13	2,147	1,988	67	12,6
09.21.	07 50 16	+52 26 42	2,070	1,994	72	12,6
09.26.	07 45 29	+51 44 30	1,990	2,002	76	12,5
10.01.	07 39 19	+51 01 36	1,908	2,012	81	12,4
10.06.	07 31 35	+50 16 27	1,823	2,023	86	12,4
10.11.	07 22 05	+49 27 01	1,738	2,036	92	12,3
10.16.	07 10 38	+48 30 38	1,654	2,051	98	12,2
10.21.	06 57 04	+47 23 52	1,572	2,067	105	12,1
10.26.	06 41 19	+46 02 21	1,494	2,085	112	12,1
10.31.	06 23 26	+44 21 03	1,422	2,104	120	12,0

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	$\Delta$ (CSE)	r (CSE)	E (°)	$m_v$ (m)
11.05.	06 03 42	+42 14 50	1,359	2,125	129	11,9
11.10.	05 42 36	+39 39 37	1,307	2,147	138	11,9
11.15.	05 20 50	+36 33 51	1,270	2,170	148	11,9
11.20.	04 59 12	+32 59 49	1,249	2,195	158	11,9
11.25.	04 38 27	+29 04 21	1,246	2,221	168	11,9
11.30.	04 19 17	+24 57 52	1,263	2,248	177	12,0
12.05.	04 02 05	+20 52 14	1,299	2,276	170	12,1
12.10.	03 47 06	+16 58 05	1,353	2,306	161	12,3
12.15.	03 34 19	+13 23 01	1,423	2,336	152	12,5
12.20.	03 23 38	+10 11 13	1,507	2,367	143	12,6
12.25.	03 14 53	+07 23 54	1,603	2,399	135	12,8

## 78P/Gehrels 2

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	$\Delta$ (CSE)	r (CSE)	E (°)	$m_v$ (m)
09.01.	23 59 46	+07 17 00	1,327	2,280	154	13,3
09.06.	23 57 53	+06 57 47	1,290	2,262	160	13,1
09.11.	23 55 35	+06 33 16	1,257	2,244	165	13,0
09.16.	23 52 57	+06 03 57	1,231	2,227	170	12,9
09.21.	23 50 07	+05 30 28	1,210	2,211	174	12,8
09.26.	23 47 12	+04 53 45	1,196	2,195	173	12,7
10.01.	23 44 21	+04 14 57	1,187	2,179	169	12,6
10.06.	23 41 43	+03 35 22	1,185	2,164	164	12,6
10.11.	23 39 28	+02 56 18	1,188	2,150	159	12,5
10.16.	23 37 41	+02 18 57	1,197	2,136	153	12,5
10.21.	23 36 28	+01 44 26	1,212	2,123	148	12,5
10.26.	23 35 55	+01 13 43	1,231	2,110	143	12,4
10.31.	23 36 06	+00 47 39	1,254	2,098	138	12,4
11.05.	23 37 02	+00 26 46	1,282	2,087	133	12,4
11.10.	23 38 44	+00 11 26	1,313	2,076	128	12,4
11.15.	23 41 11	+00 01 46	1,347	2,066	124	12,5
11.20.	23 44 21	-00 02 12	1,385	2,057	119	12,5
11.25.	23 48 14	-00 00 31	1,424	2,049	115	12,5
11.30.	23 52 47	+00 06 40	1,466	2,041	111	12,5
12.05.	23 57 57	+00 19 05	1,510	2,034	107	12,6
12.10.	00 03 42	+00 36 23	1,555	2,028	104	12,6
12.15.	00 09 58	+00 58 14	1,601	2,023	100	12,6
12.20.	00 16 44	+01 24 17	1,649	2,018	97	12,7
12.25.	00 23 57	+01 54 12	1,698	2,015	94	12,7

## Kisbolygók

(1) **Ceres.** A hónap közepén kerül szembenállásba, amikor fényessége eléri a 7,6 magnitúdót. A Cetus, majd az Aquarius csillagképben délnyugat felé mozgó égitestet 2-án a 4,9 magnitúdós 6 Cetitől 25 ívperccel délkeletre, 13-án pedig a 4,6 magnitúdós 2 Cetitől 21 ívpercre északra kell keresni.

(4) **Vesta.** A 6,2 és 6,8 magnitúdó között halványuló kisbolygó eléri stationárius pontját, vagyis hátráló mozgása előretartóba vált. Emiatt egész hónapban egy 1,1 fokos területen belül láthatjuk a 4,2 magnitúdós  $\psi$  Capricornitól háromnegyed fokkal nyugatra.

(15) **Eunomia.** A Perseus keleti lábánál mozog északkelet felé, a hónap első hajnalán a 4,1 magnitúdós  $\xi$  Perseitől 1,5 fokkal délre kell keresni. Fényessége 9,4 és 8,9 magnitúdó között növekszik.

(27) **Euterpe.** A többek között az U Geminorumot és a T Taurit is azonosító John Russell Hind kilencedik kisbolygója volt ez a 125×70 km-es égitest, melyet 1853. november 8-án fedezett fel Greenwichből. A zene görög műzsájáról elnevezett aszteroida a Pisces, majd a Cetus csillagképben halad délnyugat felé. A hó elején még csak 10,4 magnitúdós, de egy hónap alatt 1 magnitúdót fényesedik. A hónap utolsó estéjén 23 ívperccel keletre láthatjuk a 14 magnitúdós IC 49 galaxistól.

(29) **Amphitrite.** Albert Marth német származású, de Angliában dolgozó csillagász egyetlen kisbolygója ez a körülbelül 200 km átmérőjű égitest, melyet 1854. március 1-jén fedezett fel Londonból, a South Villa Observatory-ból. Az Amphitrite nevet a magáncsillagvizsgáló tulajdonosa, George Bishop javasolta. A 10,1 és 9,5 magnitúdó között fényesedő kisbolygó az Aries csillagképben fordul nagy ívben, ahogy előretartó mozgása hátrálóvá válik. A hónap első estéjén az 5,8 magnitúdós 47 Arietistől 23 ívperccel északkeletre, két nappal később a 4,9 magnitúdós  $\epsilon$  Arietistől 19 ívperccel délkeletre kell keresni.

(192) **Nausikaa.** Minden idők legsikeresebb vizuálisan észlelő kisbolygóvadász, Johann Palisa fedezte fel 1879. február 17-én az Isztria-félszigeten található Pólából. A 100 km átmérőjű kisbolygó meglehetősen elnyúlt pályán járja körül a Napot, így vannak fényesebb és halványabb szembenállásai. Az idei a kedvezőbbek közül való, hiszen szeptember eleji oppozíciója és november közepi napközelsége között csak bő két hónap telik el. Az Aquariusban nyugatnak tartó kisbolygó fényessége 8,4 és 9,3 magnitúdó között csökken, miközben 11-én keresztezi az ekliptika síkját.

(1036) **Ganymed.** A legnagyobb földközeli aszteroidaként tartják számon, bár a 32 km átmérőjű égitest nem keresztezi a földpályát, az Amor család tagjaként perihélium-távolsága 1,233 CSE. Walter Baade fedezte fel 1924. október 23-án, keringési ideje 4,32 év, pályahajlása 26,6 fok. Az előbbi miatt 13 évenként vannak kedvező szembenállásai, az utóbbi miatt pedig az ekliptikától távol is feltűnhet, ahogy ebben a hónapban is nagyrészt a Cassiopeiae csillagképben láthatjuk. A dél felé haladó, 10,1 és 9,1 magnitúdó között fényesedő kisbolygó számos mélyég-objektum és több fényes csillag mellett is elhalad. A hónap első hajnalán az 5,6 magnitúdós 10 Cassiopeiae-től 13 ívperccel északra láthatjuk, majd miután 7-én este elhalad az NGC 146 és a King 14 nyílthalmazok között, 9 ívperccel északkeletre megközelíti a 4,2 magnitúdós  $\kappa$  Cassiopeiae-t. 11-én és 12-én a laza NGC 225 nyílthalmaz közelében láthatjuk, 14-én napközben 1 ívpercre megközelíti a  $\gamma$  Cassiopeiae-t, 30-án este viszont már az 51 Andromedae-től 20 ívperccel keletre láthatjuk.

### A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrektció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
9 2	18	32	33	be	2095	7,0	28 +	5	49 D	150	+1,1	-2,4
9 8	22	9	20	be	163641	7,2	88 +	21	64 É	54	+1,0	-0,1
9 12	22	59	23	ki	3482 16 Psc	5,7	100 -	45	77 É	224	+1,3	+1,4
9 16	0	44	4	ki	92695	7,8	88 -	58	34 É	302	+2,9	-2,1
9 17	3	35	5	ki	93106	7,9	81 -	54	76 D	237	+1,6	+0,6
9 18	20	52	26	ki	631 51 Tau	5,6	66 -	12	71 D	241	-0,3	+1,8
9 18	21	29	44	ki	634 56 Tau	5,3	66 -	18	78 É	272	+0,1	+1,4
9 18	23	32	47	ki	76593 NSV 15970	7,1	65 -	38	35 D	206	-0,1	+3,5
9 19	0	24	57	ki	657 67 Tau	5,3	65 -	47	40 É	311	+1,9	-0,6
9 19	22	46	40	ki	784 108 Tau	6,3	56 -	23	86 É	270	+0,2	+1,4
9 20	23	28	6	ki	78074 NSV 2859	7,4	45 -	21	87 É	274	+0,2	+1,3
9 21	0	40	38	ki	78129	7,0	45 -	33	25 É	336	+1,7	-2,1
9 22	0	48	14	ki	1084	7,3	35 -	24	89 D	275	+0,4	+1,3
9 22	3	19	25	ki	96656	8,4	34 -	48	68 É	298	+1,3	+0,1
9 22	23	41	19	ki	1210 5 Cnc	6,0	25 -	2	74 D	264	-0,3	+1,4
9 24	3	30	22	ki	98344	8,6	15 -	27	37 D	229	+0,7	+4,0

### Évforduló

#### 300 éve született Thomas Wright angol csillagász

Thomas Wright 1711. szeptember 22-én született Byers Greenben (Durham megye, Anglia). Órásnaként kezdte pályáját, majd időközben megtanulta a navigáció alapjait. 1731-ban iskolát alapít Sunderlandben, ahol matematikát és navigációt tanít. Később Londonba költözött, és gazdag patrónusai számos ügyén dolgozott. Idősebb korában visszatért Durham megyébe, és egy kis obszervatóriumot épített Westertonban. Wright leginkább „Egy eredeti elmélet, avagy az Univerzum új hipotézise” című munkája alapján ismert (1750). A vallásos nézetek és a csillagászati ismeretek összeegyeztetésére ebben magyarázza el, hogy a Tejút egy „optikai effektus eredménye, ami a csillagoknak egy sík körül elosztott rétegébe merülésünk következménye”. Ezt vette át Immanuel Kant „A természet általános története és a világtér elmélete” című könyvében. Egy másik elmélete szerint a távcsövekkel látható halvány ködök lényegében iszonyú messze lévő Tejutak. Ahogy írja: „...a sok ködös folt, amelyek épp hogy csak észrevehetőek a számunkra, olyan távol vannak a mi csillagos tartományainktól, hogy bennük semmilyen csillag, vagy más összetevő test nem különböztethető meg; ezért azok minden valószínűség szerint tőlünk független teremtmények lehetnek, elhatárolva tőlünk, túl messze még a távcsöveink számára történő elérhetőséghez is...”. Azt is hangsúlyozta, hogy a Föld és az emberiség a hatalmas Univerzum jelentéktelen és mulandó része. „...ebben az óriási Égi Kreációban egy világ katasztrófája (mint például a miénk) vagy akár totális elpusztulása világok egész rendszerének valószínűleg nem más a Természet Alkotója számára, mint az Élet egy teljesen közönséges »balesete«, és minden való-





színűség szerint az »ítéletnap«-szerű (katasztrófák) is oly gyakoriak, mint a Földön a születések és elhalálozások (eseménye).” Kant nagy tisztelettel adózott Wright iránt, de szilárdabb tudományos alapokra helyezte munkáját, és jóval túlhaladta Wright elméleteit. Halifax grófja is foglalkoztatta Wrightot horti birtokán, ahol Wright kertet tervezett. A Nagy Orrery (ez egyfajta mechanikus planetárium, a Naprendszer bolygóinak arányos modellje, a mozgások pontos megjelenítésével; egy Joseph Pope nevű órásmeister 12 éven keresztül építette 1776–1787 közt) továbbfejlesztésében is részt vett, a Szaturnusz hozzáillesztésével. E készüléket a Harvard Collegének ajánlották fel megvételre, amely 1789-ben végül kifizette és átvette azt. Wright ezt már nem érthette meg, 1786. február 25-án elhunyt. Nevét az 1747-es sorszámu Mars-súroló kisbolygó viseli.

### Az Androméda-köd

Az Androméda-köd (M31, NGC 224) minden kezdő amatőrcsillagász első célpontjai között szerepel, hiszen egy szabad szemmel is látható csillagvárosról van szó, egyben a legtávolabbi objektumról, melyet távcső nélkül megpillanthatunk. A Tejútához legközelebbi spirálgalaxisról bizonyították be elsőként, hogy egy másik tejútrendszer, igazolva ezzel Wright két évszázaddal korábbi elméletét. Míg neki csak fel kellett pillantani az égre egy derült éjszakán, ma már magunk mögött kell hagyni a nagyvárosokat, hogy valóban láthassuk szabad szemmel is ezt a 2,5 millió fényévre lévő csillagvárost. Fényszennyezéstől mentes égbolton azonban feltárul szépsége, egy néhány fok hosszú, halványan derengő fényszivar a 4,5 magnitúdós  $v$  Andromedae mellett. A legújabb mérések szerint a Lokális Csoport legnagyobb tagja, melyhez a Tejútrendszer és vagy 30 kisebb galaxis tartozik. Szerkezete azonban csak nehezen látható, mivel lapjára nagyon kicsi, körülbelül 13 fokok szögben látunk rá. Sokkal látványosabb, ha fotográfián is meg tudjuk örökíteni, mert az így előtűnő porsávok már szépen kirajzolják a szorosan felcsavarodott spirálkarokat. Erre az őszi időszak a legalkalmasabb, amikor egész éjszaka magasan jár az égen. A digitális technikáknak köszönhetően rengeteg egyedi objektumot is megörökíthetünk a ködben. Gömbhalmazok százai, nyúlthalmazok és aszterizmusok várják, hogy azonosítsuk őket a képeken, de manapság amatőrcsillagászok évente több tucat novát is találnak a köd több fokok környezetében. Két kísérőgalaxis is megfigyelhetünk a közelében, az M32 és az M110 már binokulárral is megpillantható, bár az előbbi közel csillagszerűnek fog látszani.

## Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	0:44,4	Ganymedes	mk
	2: 9,1	Ganymedes	mv
	20:55,2	Europa	ák
	23:25,2	Europa	áv
	23:25,3	Europa	ek
2	1:46,4	Europa	ev
3	19:52,3	Europa	mv
5	1: 1,4	Io	ák
	2:11,9	Io	ek
	3:11,5	Io	áv
	22:20,9	Io	fk
6	1:41,2	Io	mv
	19:29,8	Io	ák
	20:38,9	Io	ek
	21:39,9	Io	áv
	22:47,0	Io	ev
7	20: 8,2	Io	mv
	23:25,8	Ganymedes	fk
8	1:33,5	Ganymedes	fv
	23:31,5	Europa	ák
9	1:50,3	Europa	ek
	2: 1,3	Europa	áv
10	22:16,0	Europa	mv
11	19:39,4	Ganymedes	ev
12	2:55,2	Io	ák
13	0:15,1	Io	fk
	3:28,9	Io	mv
	21:23,7	Io	ák
	22:26,7	Io	ek
	23:34,0	Io	áv
14	0:34,8	Io	ev
	21:55,7	Io	mv
15	3:27,0	Ganymedes	fk
	19: 1,7	Io	ev
16	2: 7,7	Europa	ák
17	20:14,0	Europa	fk
18	0:37,7	Europa	mv
	19:41,1	Ganymedes	áv
	21:53,5	Ganymedes	ek
	23: 8,9	Ganymedes	ev
19	19:43,4	Europa	ev

nap	UT h:m	hold	jelenség
20	2: 9,4	Io	fk
	23:17,7	Io	ák
21	0:13,3	Io	ek
	1:28,1	Io	áv
	2:21,6	Io	ev
	20:37,9	Io	fk
	23:42,0	Io	mv
22	18:39,9	Io	ek
	19:56,7	Io	áv
	20:48,2	Io	ev
23	18: 8,5	Io	mv
24	22:50,2	Europa	fk
25	2:57,4	Europa	mv
	21:37,4	Ganymedes	ák
	23:41,0	Ganymedes	áv
26	1:20,5	Ganymedes	ek
	2:34,7	Ganymedes	ev
	18: 1,7	Europa	ák
	19:42,0	Europa	ek
	20:31,1	Europa	áv
	22: 2,4	Europa	ev
27	4: 3,7	Io	fk
28	1:11,8	Io	ák
	1:59,0	Io	ek
	3:22,4	Io	áv
	4: 7,4	Io	ev
	22:32,2	Io	fk
29	1:27,5	Io	mv
	19:40,4	Io	ák
	20:25,3	Io	ek
	21:51,1	Io	áv
	22:33,8	Io	ev
30	19:53,7	Io	mv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

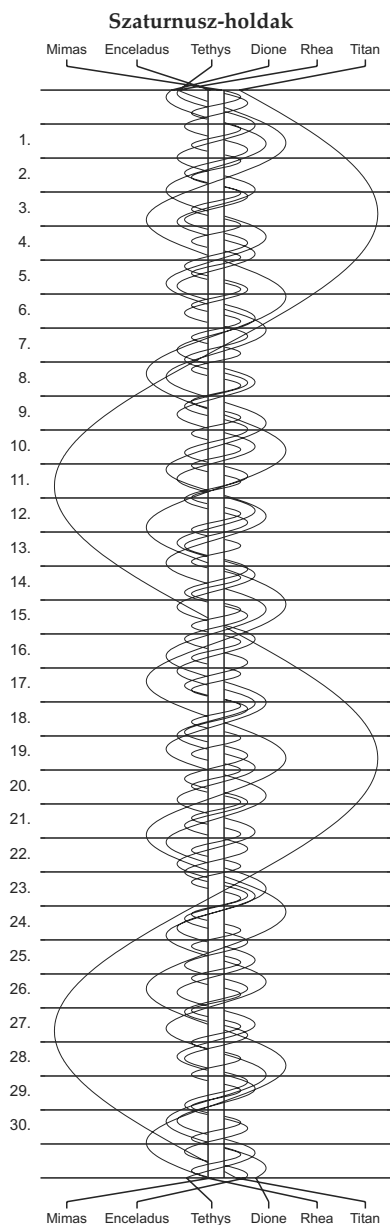
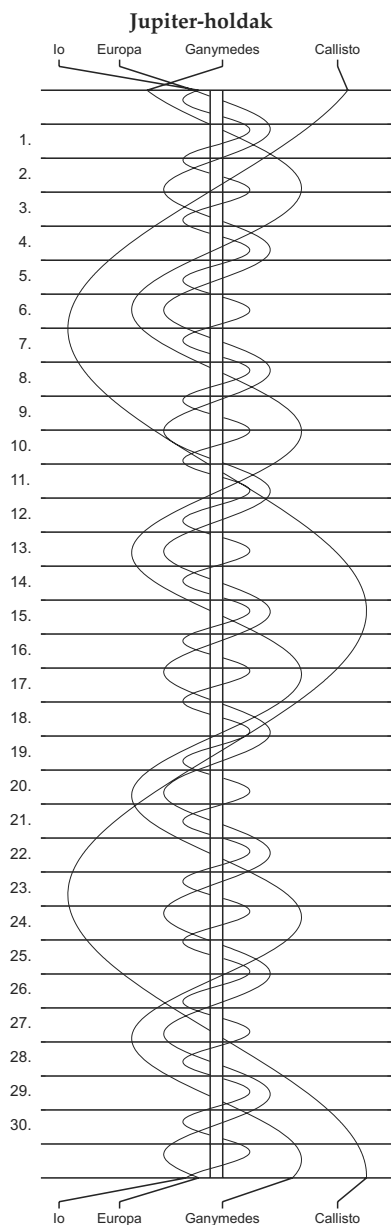
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

e = a hold a Jupiter korongja előtt

m= a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége



$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – október**

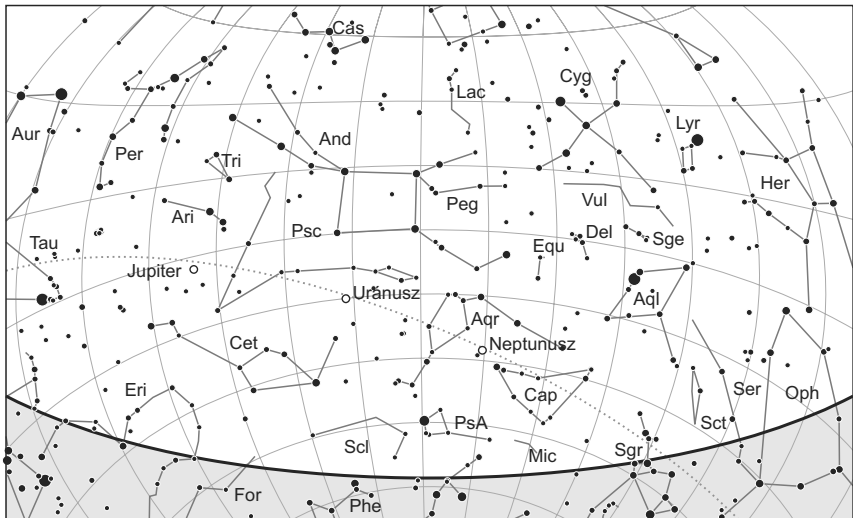
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. sz 274.	5 42	11 33	17 24	39,4	+10,1	10 53	15 18	19 41	● 4 15
2. v 275.	5 43	11 33	17 22	39,0	+10,4	11 57	16 18	20 39	
40. hét									
3. h 276.	5 44	11 33	17 20	38,6	+10,7	12 51	17 15	21 42	
4. k 277.	5 46	11 32	17 18	38,2	+11,0	13 34	18 09	22 49	
5. sz 278.	5 47	11 32	17 16	37,8	+11,3	14 08	18 59	23 57	○ 3 06
6. cs 279.	5 49	11 32	17 14	37,5	+11,6	14 36	19 46	–	
7. p 280.	5 50	11 32	17 13	37,1	+11,9	15 00	20 30	1 04	
8. sz 281.	5 51	11 31	17 11	36,7	+12,2	15 22	21 12	2 09	
9. v 282.	5 53	11 31	17 09	36,3	+12,5	15 43	21 54	3 13	
41. hét									○ 3 06
10. h 283.	5 54	11 31	17 07	35,9	+12,8	16 03	22 35	4 16	
11. k 284.	5 56	11 30	17 05	35,5	+13,0	16 24	23 17	5 19	
12. sz 285.	5 57	11 30	17 03	35,2	+13,3	16 48	–	6 22	
13. cs 286.	5 58	11 30	17 01	34,8	+13,6	17 14	0 00	7 24	
14. p 287.	6 00	11 30	16 59	34,4	+13,8	17 45	0 45	8 26	● 4 30
15. sz 288.	6 01	11 29	16 57	34,1	+14,0	18 22	1 32	9 27	
16. v 289.	6 03	11 29	16 55	33,7	+14,3	19 06	2 21	10 23	
42. hét									
17. h 290.	6 04	11 29	16 53	33,3	+14,5	19 59	3 11	11 15	
18. k 291.	6 06	11 29	16 51	33,0	+14,7	20 58	4 02	12 00	● 20 56
19. sz 292.	6 07	11 29	16 50	32,6	+14,9	22 04	4 53	12 40	
20. cs 293.	6 09	11 28	16 48	32,2	+15,1	23 14	5 44	13 13	
21. p 294.	6 10	11 28	16 46	31,9	+15,3	–	6 35	13 43	
22. sz 295.	6 11	11 28	16 44	31,5	+15,4	0 27	7 25	14 10	
23. v 296.	6 13	11 28	16 42	31,2	+15,6	1 43	8 17	14 36	● 20 56
43. hét									
24. h 297.	6 14	11 28	16 41	30,8	+15,7	3 02	9 09	15 02	
25. k 298.	6 16	11 28	16 39	30,5	+15,9	4 23	10 03	15 31	
26. sz 299.	6 17	11 28	16 37	30,1	+16,0	5 46	10 59	16 03	
27. cs 300.	6 19	11 27	16 36	29,8	+16,1	7 08	11 59	16 42	● 20 56
28. p 301.	6 20	11 27	16 34	29,5	+16,2	8 28	13 00	17 29	
29. sz 302.	6 22	11 27	16 32	29,1	+16,3	9 40	14 02	18 24	
30. v 303.	6 23	11 27	16 31	28,8	+16,3	10 40	15 03	19 28	
44. hét									
31. h 304.	6 25	11 27	16 29	28,5	+16,4	11 29	16 00	20 36	

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni. A téli időszámítás – dőlt betűvel szedve – kezdete október 30-án 2h KÖZEI-kor.

## október

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 836	0 37 31	Malvin, Rómeó, Terézia
2.	2 455 837	0 41 28	Petra, Örs, Tamás
3.	2 455 838	0 45 24	Helga, Ignác, Mária, Terézia
4.	2 455 839	0 49 21	Ferenc, Aranka, Hajnalka
5.	2 455 840	0 53 17	Aurél, Attila, Pálma
6.	2 455 841	0 57 14	Brúnó, Renáta, Csaba
7.	2 455 842	1 01 11	Amália, Mária, Márk
8.	2 455 843	1 05 07	Koppány, Bettina, Brigitta, Etelka, Gitta, János, Mária
9.	2 455 844	1 09 04	Dénes, Ábrahám, Ábris, Andor, Elemér, Sára
10.	2 455 845	1 13 00	Gedeon, Dániel, Ferenc, Lajos, Sámuel
11.	2 455 846	1 16 57	Brigitta, Andor, Sándor
12.	2 455 847	1 20 53	Miksa, Rezső
13.	2 455 848	1 24 50	Kálmán, Ede, Fatima, Fatime, Jakab
14.	2 455 849	1 28 46	Helén, Beatrix, Dominik, Domonkos, Livia
15.	2 455 850	1 32 43	Teréz, Aranka, Aurélia, Hedvig, Tekla, Terézia, Vilma
16.	2 455 851	1 36 40	Gál, Ambrus, Aranka, Aurélia, Gellért, Hedvig, Margit
17.	2 455 852	1 40 36	Hedvig, Alajos, Ignác, Margit, Rezső, Rudolf
18.	2 455 853	1 44 33	Lukács, Ambrus
19.	2 455 854	1 48 29	Nándor, Frida, Friderika, Laura, Pál, Péter
20.	2 455 855	1 52 26	Vendel, Cintia, Irén, Irina
21.	2 455 856	1 56 22	Orsolya, Klementina, Zsolt
22.	2 455 857	2 00 19	Előd, Korinna
23.	2 455 858	2 04 15	Nemzeti ünnep; Gyöngyi, Gyöngyvér, Ignác, János
24.	2 455 859	2 08 12	Salamon, Rafael, Ráhel
25.	2 455 860	2 12 09	Blanka, Bianka, János, Margit
26.	2 455 861	2 16 05	Dömötör, Amanda, Ametiszt, Armand
27.	2 455 862	2 20 02	Szabina
28.	2 455 863	2 23 58	Simon, Szimonetta, Alfréd
29.	2 455 864	2 27 55	Nárcisz, Melinda
30.	2 455 865	2 31 51	Alfonz, Fanni, Kolos, Stefánia
31.	2 455 866	2 35 48	Farkas, Kristóf



*A déli égbolt október 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap nagy részében nem figyelhető meg. Az utolsó napokban kereshető lesz napnyugta után a horizont közelében, de még ekkor is csak fél órával nyugszik a Nap után, megfigyelésre kedvezőtlen helyzetben van.

**Vénusz:** Napnyugta után kereshető a délnyugati ég alján. Noha megfigyelésre nincs igazán kedvező helyzetben, erős fénye miatt nem nehéz megtalálni. A hónap elején fél, a végén háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége  $-3,9^m$ , átmérője  $10''$ -ről  $10,6''$ -re nő, fázisa  $0,98$ -ról  $0,94$ -ra csökken.

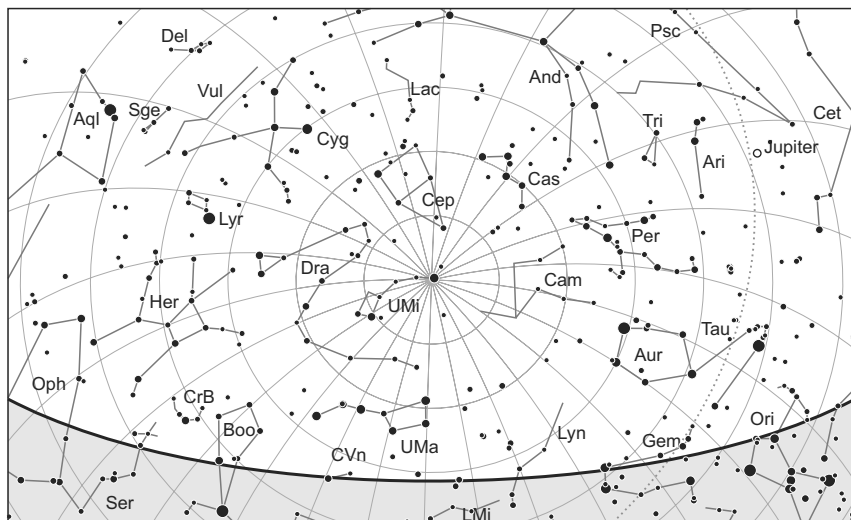
**Mars:** Előretartó mozgást végez a Rák, majd az Oroszlán csillagképben. Éjfél után kel, hajnalban látható a délkeleti égen. Fényessége lassan nő,  $1,3^m$ -ről  $1,1^m$ -ra nő, látszó átmérője  $5,2''$ -ről  $5,9''$ -re változik.

**Jupiter:** Hátráló mozgást végez a Kos csillagképben. Egész éjszaka feltűnően látszik a déli égen. 29-én szembenállásban van a Nappal. Fényessége  $-2,9^m$ , átmérője  $49''$ .

**Szaturnusz:** Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. 13-án együttállásban van a Nappal. A hónap legvégén már kereshető a hajnali ég alján, ekkor bő egy órával kel a Nap előtt. Fényessége  $0,7^m$ , átmérője  $16''$ .

**Uránusz:** Az éjszaka nagy részében látható a Halak csillagképben. Hajnalban nyugszik.

**Neptunusz:** Az éjszaka első felében figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Éjfél után nyugszik.



*Az északi égbolt október 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

10.01	2:09	A Mars 29"-re megközelíti a TYC 1395-2445-1-et (8,5 <sup>m</sup> )
10.01	3:36	A Mars 14'-re az M44 nyílthalmaztól (Cancer csillagkép). A bolygó 09.30–10.02. között elhalad a halmaz csillagai között
10.01	18:05	A Jupiter 2,6'-re látható a HIP 11369-től (8,2 <sup>m</sup> )
10.02	14:48	A Hold eléri legkisebb deklinációját –23,7°-nál (34%-os, növekvő holdfázis)
10.03	10:16	A Hold keleti librációja ( $l = 8,13^\circ$ )
10.04	3:15	Első negyed (Hold a Sagittarius csillagképben)
10.04	23:45	A (192) Nausikaa kisbolygó (9,4 <sup>m</sup> ) 8,2'-re délnyugatra a $\rho$ Aquariitól
10.05	20:42	A (4) Vesta kisbolygó (7,0 <sup>m</sup> ) 2,6'-re délre a $\psi$ Capricornitól
10.06	17:41	A Hold mögé belép a $\eta$ Aquarii (6,6 <sup>m</sup> , 76%-os, növekvő holdfázis)
10.07	18:54	Az (1) Ceres kisbolygó (7,9 <sup>m</sup> ) 8,2'-re délre a 106 Aquariitól
10.08	0:28	A (92) Undina kisbolygó (11,8 <sup>m</sup> ) 3,6'-re keletre a 90 Tauritól
10.09	3:05	A Hold déli librációja ( $b = -6,21^\circ$ )
10.10	0:00	A Hold mögé belép a $\kappa$ Piscium (5,0 <sup>m</sup> , 96%-os, növekvő holdfázis)
10.12	2:06	Telehold (Hold a Pisces csillagképben)
10.12	11:26	A Hold földtávolban (földtávolság: 406 432 km, látszó átmérő: 29'24", 99%-os, csökkenő holdfázis)
10.13	17:12	A 98%-os, csökkenő fázisú Holdtól 3,8°-ra délre a Jupiter
10.13	21:12	A Szaturnusz együttállásban a Nappal (a Naptól 2,2°-ra)

**Dátum Időpont Esemény**

10.14	1:16	A Hold mögül kilép a 27 Arietis (6,2 <sup>m</sup> , 97%-os, csökkenő holdfázis)
10.14	17:38	A Hold minimális librációja ( $l = -2,40^\circ$ , $b = -2,12^\circ$ )
10.14	19:21	A 94%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 8,3'-re látható a $\delta$ Arietis (Botein, 4,4 <sup>m</sup> )
10.17	2:11	A Hold eléri legnagyobb deklinációját $+22,3^\circ$ -nál (79%-os, csökkenő holdfázis)
10.17	20:19	A (230) Athamantis kisbolygó (9,9 <sup>m</sup> ) 4'-re nyugatra látható a 107 Pisciumtól
10.18	16:58	A (372) Palma kisbolygó (11,0 <sup>m</sup> ) a következő 5 nap alatt elhalad az Andromeda galaxis (M31) előtt
10.19	21:55	A Hold mögül kilép a 74 Geminorum (5,0 <sup>m</sup> , 52%-os, csökkenő holdfázis)
10.20	3:30	Utolsó negyed (Hold a Gemini csillagképben)
10.20	10:37	A Hold nyugati librációja ( $l = -8,13^\circ$ )
10.21	12:15	A Hold maximális librációja ( $l = -7,77^\circ$ , $b = 6,59^\circ$ )
10.21	21:24	A (30) Urania kisbolygó (10,2 <sup>m</sup> ) 2,1'-re nyugatra a 66 Ari-tól
10.21		Az Orionidák meteorraj elhúzóód maximuma (a csökkenő Hold kicsit zavarja a megfigyelést)
10.23	13:47	A Hold északi librációja ( $b = 7,62^\circ$ )
10.25	4:45	39 óra 11 perces holdsarló $12^\circ$ magasan a hajnali égen (a Szaturnusztól $15^\circ$ -ra nyugatra)
10.26	12:19	A Hold földközélen (földtávolság: 357 048 km, látszó átmérő: $33'28''$ , 1%-os, csökkenő holdfázis)
10.26	19:56	Újhold (Hold a Virgo csillagképben)
10.28	16:06	Az 5%-os, növekvő fázisú Holdtól $6,6^\circ$ -ra északnyugatra látható a Vénusz ( $8^\circ$ -ra nyugatra pedig a Merkúr)
10.28	16:06	44 óra 10 perces holdsarló $3^\circ$ magasan az esti égen (a Merkúrtól $8^\circ$ -ra, Vénusztól $7^\circ$ -ra délkeletre)
10.29	0:39	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 02:50 UT-kor
10.29	1:44	A Jupiter oppozíciója ( $-2,9^m$ , $49,7''$ látszó átmérő, Aries csillagkép)
10.29	3:42	Az (1036) Ganymed kisbolygó oppozícióban az Aries csillagképben (8,3 <sup>m</sup> )
10.29	13:59	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-23,5^\circ$ -nál (11%-os, növekvő holdfázis)
10.29	17:03	A Hold mögé belép a 24 Ophiuchi (5,6 <sup>m</sup> , kettőscsillag, 12%-os, növekvő holdfázis)
10.30	21:35	A Callisto (Jupiter-hold) $11''$ -re a Jupiter északi pólusa felett
10.31	16:35	A Hold mögé belép a $\xi^2$ Sagittarii (3,5 <sup>m</sup> , 30%-os, növekvő holdfázis), kilépés 17:46-kor
10.31	17:46	Két Jupiter-hold (Io és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján 18:27 UT-ig



## Üstökösök

**C/2006 S3 (LONEOS).** A Serpens csillagképben egyre kedvezőtlenebb helyzetbe kerülő 13 magnitúdós üstökös a hónap első felében még megkereshető az esti égen. Az először délnyugati, majd déli irányba mozgó kométa alig 1,7 fokot tesz meg az égen egy hónap alatt, naptávolsága 5,25 CSE, földtávolsága 6,0 CSE lesz.

**P/2006 T1 (Levy).** Az Andromeda, majd a Lacerta csillagképekben kell keresnünk ezt a 12 és 11 magnitúdó között fényesedő vándort. Pályájának legészakibb pontját október 14-én éri el +44,5 fokos deklinációnál ez az egész éjszaka megfigyelhető üstökös, amely 2020-ban jelentősen megközelíti a Jupitert, minek eredményeként jelenlegi 1 CSE-es perihélium-távolsága 0,85 CSE-re csökken majd.

**C/2009 P1 (Garradd).** Stacionárius pontja felé közeledve mozgása lelassul, így egész hónapban a Hercules délkeleti szegletében láthatjuk ezt a 8 magnitúdós üstököst. Az esti égen látszó vándor földtávolsága a hónap végére eléri a 2 CSE-et, így hiába közeledik a Naphoz, fényessége alig növekszik.

**C/2010 G2 (Hill).** A Lynx, majd az Auriga csillagképben délnyugat felé haladó üstökös sajátmozgása jelentősen felgyorsul, a hónap végén már 0,8 fokot tesz meg naponta. A 12,5 és 12 magnitúdó között fényesedő üstökös 7-én este 25 ívperccel északnyugatra látható a 22 Lyncis jelű 5,4 magnitúdós csillagtól.

**78P/Gehrels 2.** A Pisces csillagképben, a délebbi halat formázó csillaghétszögben halad délnyugat, majd dél felé, közeledve nyugati stacionárius pontjához. Ebben a hónapban éri el maximális fényességét valahol 12 és 13 magnitúdó között, 18-án hajnalban 9 ívperccel keletre kell keresni az 5,7 magnitúdós 17 Pisciumtól, 26-án pedig a SAO 128270 jelű 6,5 magnitúdós csillagtól 5 ívperccel keletre láthatjuk.

## Kisbolygók

**(1) Ceres.** Az Aquarius nyugati felében találjuk ezt a 7,8 és 8,3 magnitúdó között halványodó égitestet, amely egyre lassuló ütemű hátráló mozgást végez, miközben –18,5 fokon eléri legdélebbi deklinációját. A szép csillagkörnyezetben mozgó égitest 5-én este 20 ívperccel északra lesz látható az 5,6 magnitúdós 107 Aquarii-tól, 7-én este 8 ívpercre délre halad el az 5,2 magnitúdós 106 Aquarii mellett, majd 12-én este a 103 és 104 Aquarii párosától fél fokkal délre kell keresni.

**(4) Vesta.** Előretartó mozgást végez a Capricornus csillagkép déli részén, miközben fényessége 6,9 és 7,5 magnitúdó között csökken. 5-én este mindössze 2,5 ívpercre halad el a 4,2 magnitúdós  $\psi$  Capricornitól.

**(15) Eunomia.** A 8,9 és 8,3 magnitúdó között fényesedő kisbolygó eléri stacionárius pontját, mozgása lelassul, így egész hónapban a Perseus keleti részén, egy 1,3 fok átmérőjű területen láthatjuk.

**(27) Euterpe.** A hónap első napjaiban kerül szembenállásba a Nappal, amikor fényessége eléri a 9,4 magnitúdót. A Cetus, majd a Pisces csillagképben délnyugat felé mozgó kisbolygó 7-én este 13 ívpercre megközelíti a 13–14 magnitúdós galaxisokból álló NGC 192–196–197–201 kvartettet, majd 21-én hajnalban a 6,2 magnitúdós 10 Cetitől 5 ívperccel délre halad el.

**(29) Amphitrite.** Az Aries csillagszegény vidékein nyugat felé mozgó kisbolygó a hónap végén kerül szembenállásba a Nappal, fényessége a hó eleji 9,5 magnitúdóról 8,8

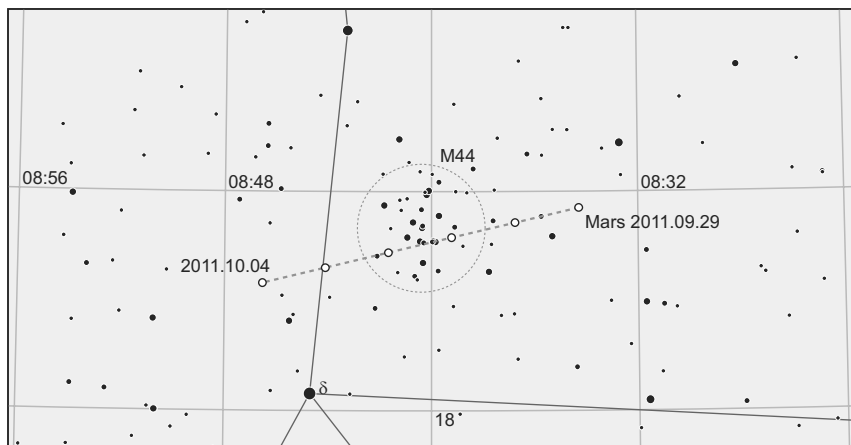
magnitúdóra növekszik. Mivel csak néhány hónap választja el napközelségétől, az idei igen kedvező szembenállás.

**(192) Nausikaa.** A  $\rho$  Aquarii-t dél felől megkerülve éri el stacionárius pontját, a hónap második felében már gyors, északkeleti irányú mozgása lesz. Az 5,4 magnitúdós csillaghoz október 4/5-én kerül legközelebb, ekkor 8 ívperc fogja elválasztani a két égitestet. Fényessége 9,3 és 10,1 magnitúdó között csökken.

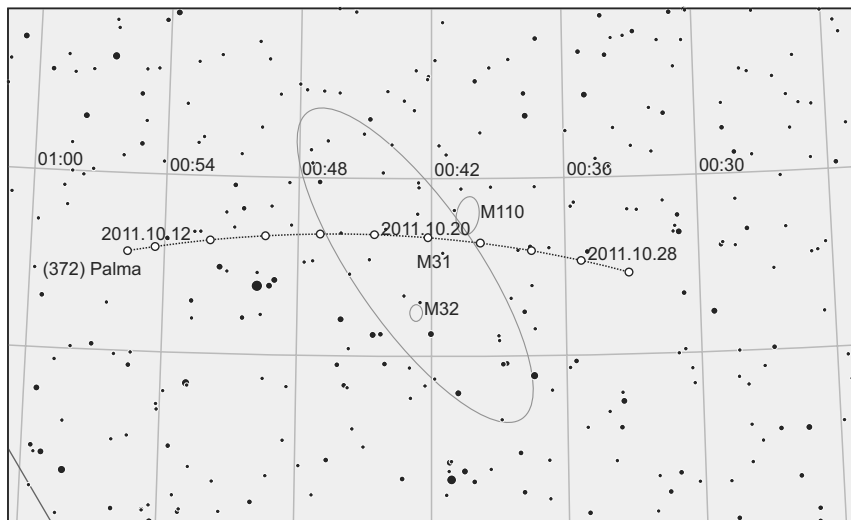
**(1036) Ganymed.** A naponta 1 fokot haladó, déli irányba mozgó kisbolygó a hónap folyamán átszeli az Andromeda keleti felét, a kicsiny Triangulum csillagképet, és egészen az Aries déli határáig jut. Október 13-án 0,359 CSE-re megközelíti bolygónkat, ami alig nagyobb az elméletileg lehetséges legkisebb értéknél. Az évszázados földközelségnek köszönhetően fényessége 9,1 és 8,3 magnitúdó között növekszik, napi mozgása eléri az 1,3 fokot. A hónap első hajnalán a 3,6 magnitúdós 51 Andromedae-től 22 ívperccel keletre láthatjuk, 10-én este pedig elhalad az Andromeda híres nyílthalmaza, a fél fok átmérőjű NGC 752 mellett. A hónap utolsó éjszakáján a 12 magnitúdós NGC 821 galaxist is megközelíti mintegy 18 ívpercre keletre.

### Október 1-jén 3:36 UT-kor: a Mars bolygó 14'-re az M44 nyílthalmaztól

Égi útja során a Mars gyakran közelít meg fényes csillaghalmazokat, de a leglátványosabbaknak azok számítanak, amikor az M44 (Jászol, Praesepe, Méhkas) mellett látható. A 3 magnitúdós szétszórt halmaz csillagai között szeptember 30. és október 2. között elhalad a bolygó, így különleges szépségű égi eseménnyel örvendeztet meg bennünket. Hosszú évek tapasztalatai szerint a szeptember-október hónapok fordulója derült eget ígér, így csak korán kell kelniünk, hogy gyönyörködhessünk a látványban, vagy fotókat készíthessünk.



*A Mars bolygó 14'-re az M44 nyílthalmaztól október 1-jén 3:36 UT-kor.*



*A (372) Palma kisbolygó október 18–23. között elhalad az Andromeda-galaxis (M31) előtt.*

### **Október 18–23.: a (372) Palma kisbolygó elhalad az Andromeda-galaxis (M31) előtt**

A nyár végi, őszi égbolt gyakran észlelt és fotózott csodálatos galaxisa az M31 (Andromeda-galaxis). Ha 2011. október 18–23. között felvételeket készítünk róla, ne csodálkozzunk, ha a képfeldolgozás során az egyik „csillag” elmozdulni látszik. Ebben az időszakban a (372) Palma kisbolygó (11 magnitúdós) ugyanis elhalad a távoli csillagváros előtt! Mivel a kisbolygók nagy része a bolygók síkjában kering, igen ritka, hogy valamelyikük ennyire eltávolodjon a fősíktól.

Egy másik hasonló „renitens” a 93P/Lovas-üstökös, mely nagy pályahajlása miatt szintén erősen megközelítheti az M31-et.

### **Október 31. 17:46 Két Jupiter-hold (Io és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján 18:27 UT-ig**

A legjobbkor kerül sor erre az összetett jelenségre a Jupiter és Galilei-holdjai között, hiszen a Naprendszer óriása éppen szembenállásban fog tartózkodni. 17:46 és 18:27 UT között az Io és a Ganymedes árnyéka okoz szeplőket a felhősávokkal tarkított felszínen, miközben mindkét hold korongja a Jupiter előtt fog tartózkodni.

A különleges szépségű esemény 25 fokban magasságban kezdődik, tehát a látásviszonyokra sem lehet majd okunk panaszkodni, csak a felhők távolmaradásában kell bízunk.

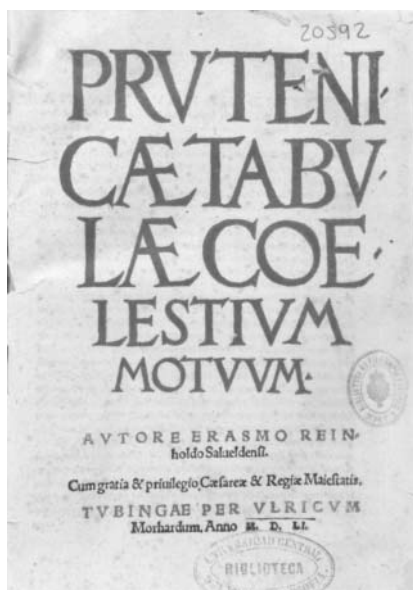
### A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrektció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
10 6	17	41	18	be	3072 9 Aqr	6,6	75 +	28	56 D	110	+2,3	+0,1
10 7	19	22	2	be	3199	6,5	84 +	34	37 D	127	+3,7	-2,1
10 8	22	49	47	be	3326	6,4	91 +	29	76 D	88	+1,5	-1,2
10 8	23	50	3	be	146252	7,2	91 +	21	48 D	117	+1,5	-3,3
10 10	0	0	20	be	3453 $\kappa$ Psc	5,0	96 +	29	60 D	107	+1,5	-2,4
10 13	19	34	34	ki	348	6,8	97 -	32	33 É	302	+1,4	+0,6
10 14	1	15	48	ki	371 27 Ari	6,2	97 -	55	21 É	315	+2,2	-4,6
10 15	1	5	37	ki	93394	6,9	92 -	62	66 D	229	+1,7	+1,6
10 17	4	3	40	ki	76997	7,8	79 -	56	20 D	195	+9,9	+9,9
10 17	22	6	40	ki	77678	7,7	71 -	28	43 D	223	-0,1	+2,9
10 18	1	54	18	ki	905	6,9	70 -	61	63 D	243	+1,7	+1,8
10 19	0	11	20	ki	78793	8,0	61 -	39	49 D	235	+0,7	+2,8
10 19	4	23	25	ki	96312	7,4	60 -	62	59 D	246	+2,2	+1,0
10 19	21	55	14	ki	1158 74 Gem	5,0	52 -	7	89 É	281	-0,1	+1,1
10 20	3	38	37	ki	1184	8,0	50 -	57	30 D	221	+2,7	+5,4
10 20	23	33	22	ki	97952	7,4	40 -	12	64 D	258	+0,0	+1,8
10 23	1	20	57	ki	1528	6,7	19 -	5	74 É	304	+0,1	+0,4
10 23	1	53	15	ki	118313	8,3	19 -	11	65 É	312	+0,3	+0,1
10 23	2	3	25	ki	118314	7,4	19 -	12	59 D	256	+0,3	+2,0
10 23	3	18	54	ki	118338	8,1	19 -	24	60 É	317	+0,6	-0,2
10 24	3	36	31	ki	1655	6,8	10 -	14	74 É	302	+0,4	+0,4
10 29	17	3	16	be	2434 24 Oph	5,6	11 +	2	21 É	28	-0,1	+0,5
10 29	17	3	16	be	X138346	6,3	11 +	2	21 É	28	-0,1	+0,5
10 30	18	13	45	be	2595	5,7	20 +	1	90 D	90	+0,7	-1,3
10 31	16	34	35	be	2759 $\xi^2$ Sgr	3,5	29 +	19	88 D	86	+1,5	-0,6
10 31	17	45	52	ki	2759 $\xi^2$ Sgr	3,5	30 +	12	-65 D	238	+0,8	-0,4

### Évforduló

#### 500 éve született Erasmus Reinhold, német csillagász-pedagógus

Erasmus Reinhold 1511. október 22-én született Saalfeldben (Türingia, Németország). Jacob Milich (1501–1559) tanítványa volt a wittenbergi Luther Márton Egyetemen. Akkoriban központi szerepet játszott Európa szellemi fejlődésében ez az egyetem, sok korabeli magyar tudós, filozófus is ott töltötte diákéveit. 1536-ban a felsőbb matematika professzora lesz, ami akkor az alkalmazott matematikát is magában foglalta, különösen a csillagászatot. Az alsóbb szintű matematika professzora ugyanekkor Georg Joachim Rheticus (1514–1574) lett, aki Kopernikusz (1473–1543) magántanítványa volt, és a korszakalkotó tudós híres munkájának, a „De revolutionibus orbium coelestium” kiadását maga is segítette. Reinholdot később dékánná, majd rektorrá is választották. Reinhold nagyszámú csillagot katalogizált. Csillagászati publikációi (1542,



A Porosz táblázatok címoldala

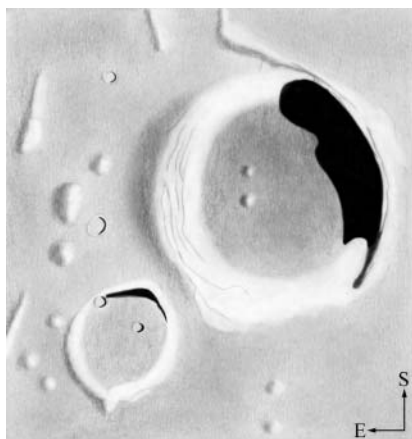
taiban a bolygópozíciók helyenként ívmásodperc pontosságúak. Kopernikusz munkái mellett Reinhold Porosz táblázatai szolgáltak alapul XIII. Gergely pápa naptárreformjának is (1582). Reinhold sűrűn széljegyzetelt saját „De revolutionibus...” példányát Edinburgh-ben, a Királyi Obszervatóriumban őrzik. Legjelentősebb tanulmányozója, Owen Gingerich „Egy könyv, amit senki sem olvasott” (2004) című művében megállapítja, hogy Reinhold a Föld és a Nap távolságának kiszámításánál szánt szándékkal addig módosította a számítási eljárását, amíg Ptolemaiosz értékehez közelebbi eredményre jutott. Reinholdnak tulajdonítják a camera obscura – azaz a lyukkamera – feltalálását (1540), ami azonban más tudománytörténészek szerint korántsem eredeti ötlet, hiszen már több mint ezer évvel előtte Arisztotelész ismerte fel a kis résen keresztül történő képvetítés jelenségét. Így legfeljebb a gyakorlati megvalósítás volt Reinhold újítása. Erasmus Reinhold 1553. február 19-én hunyt el. Munkássága hatással volt Tycho Brahéra és Johannes Keplerre is, és annak ellenére, hogy elutasította Kopernikusz elméletét, jelentősen hozzájárult a tanok elterjedéséhez és a csillagászat további fejlődéséhez. Reinhold emlékére krátert neveztek el a Holdon.

### A Reinhold kráter

A Reinhold kráter holdi mércével mérve közepes méretű kráter. Átmérője 48 kilométer, mélysége 3260 méter. Egy kráter mélysége alatt a sáncfal legmagasabb pontja és a kráterfenék közötti magasságkülönbséget kell értenünk. A kráter megjelenése fiatalos, pedig legalább két-három milliárd éves. A sáncfal teraszos szerkezetű, ez már kisebb

1553) Georg Purbach (1423–1461, más néven Peuerbach, a reneszánsz kor legmeghatározóbb csillagásza) „Theoricae novae planetarum” című munkájának kommentárjait is tartalmazták. Reinhold (hasonlóan a Kepler és Galilei előtti korszak többi csillagászához) Kopernikusz matematikai módszereit visszafordította a geocentrikus rendszerre, és a heliocentrikus világképet fizikai és teológiai alapon el is utasította. Brandenburgi Albert, Poroszország nagyhercege támogatta Reinholdot, és fedezte legfontosabb munkájának, a „Porosz táblázatok” („Prutenicae Tabulae Coelestium Motuum”) ki nyomtatását. Ezek a táblázatok segítettek Kopernikusz számítási módszereinek elterjedésében a birodalmon belül. Meg kell azonban jegyezni, hogy a műben mindenütt gondosan kerüli Reinhold a heliocentrusságra történő utalást, és a Föld mozgásaitól is függetlenítette. Azonban még Kopernikusz munkáiban ívperces pontossáig jut el, Reinhold táblázata-

műszerrel nézve is feltűnik. A központi csúcs vizsont csalódást okoz, mivel csak két apró dombocskát találunk észak-déli fekvéssel, egymástól 5–6 kilométeres távolságban. Ezek észleléséhez legalább 10 cm-es műszer szükséges. Magasabb napállásnál, amikor a kráter aljának nagy része megvilágított, észrevehetünk néhány törmelékhalmozatot is a falak tövében. Rendkívül szép látvány a kráter külső törmeléktakarója, különösen sűrű fényben. A Reinholdtól északkeletre található a feleakkora B jelű krátert. Nagyon sekély, kissé hatszög alakú kráter, megjelenésében kísértetiesen hasonlít a közeli Gambart kráterre. Összességében elmondhatjuk, hogy a Reinhold impozáns kráter. Egyedüli „hibája” elhelyezkedése, mivel a hatalmas Copernicus kráter „árnyékában”, attól közvetlenül délre található. A Copernicus nemcsak kétszeres átmérőjével, hanem a fényes kráterbelsővel és a szabad szemmel is feltűnő sugársáv-rendszerével is elvonja az észlelő figyelmét a Reinholdról.



A Reinhold kráter Csörgits Gábor rajzán

### Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
2	1:26,7	Europa	fk
3	1:38,8	Ganymedes	ák
	3:41,6	Ganymedes	áv
	20:37,8	Europa	ák
	21:59,0	Europa	ek
	23: 7,0	Europa	áv
4	0:19,5	Europa	ev
5	3: 6,0	Io	ák
	3:43,8	Io	ek
	18:24,0	Europa	mv
6	0:26,6	Io	fk
	3:12,1	Io	mv
	17:35,3	Ganymedes	fv
	18:14,9	Ganymedes	mk
	19:32,2	Ganymedes	mv
	21:34,7	Io	ák
	22:10,0	Io	ek
	23:45,5	Io	áv

nap	UT h:m	hold	jelenség
7	0:18,7	Io	ev
	18:55,2	Io	fk
	21:38,1	Io	mv
8	18:14,1	Io	áv
	18:44,7	Io	ev
9	4: 3,4	Europa	fk
10	23:13,8	Europa	ák
11	0:14,2	Europa	ek
	1:42,8	Europa	áv
	2:35,1	Europa	ev
12	17:22,1	Europa	fk
	20:40,0	Europa	mv
13	2:21,1	Io	fk
	19:32,5	Ganymedes	fk
	22:50,7	Ganymedes	mv
	23:29,2	Io	ák
	23:54,0	Io	ek
14	1:40,1	Io	áv

nap	UT h:m	hold	jelenség
14	2: 2,9	Io	ev
	20:49,7	Io	fk
	23:22,0	Io	mv
15	17:57,8	Io	ák
	18:19,9	Io	ek
	20: 8,8	Io	áv
	20:28,8	Io	ev
16	17:47,8	Io	mv
18	1:49,9	Europa	ák
	2:28,3	Europa	ek
	4:18,6	Europa	áv
19	19:59,3	Europa	fk
	22:55,1	Europa	mv
20	4:15,6	Io	fk
	23:33,6	Ganymedes	fk
21	1:23,9	Io	ák
	1:37,6	Io	ek
	2: 7,7	Ganymedes	mv
	3:34,9	Io	áv
	3:46,7	Io	ev
	17:36,5	Europa	áv
	17:56,5	Europa	ev
	22:44,3	Io	fk
22	1: 5,4	Io	mv
	19:52,5	Io	ák
	20: 3,5	Io	ek
	22: 3,6	Io	áv
	22:12,6	Io	ev
23	17:12,9	Io	fk
	19:31,3	Io	mv
24	16:32,3	Io	áv
	16:38,5	Io	ev
25	4:25,9	Europa	ák
	4:41,4	Europa	ek

nap	UT h:m	hold	jelenség
26	22:36,7	Europa	fk
27	1: 9,8	Europa	mv
28	3:18,8	Io	ák
	3:21,1	Io	ek
	3:35,5	Ganymedes	fk
	17:44,0	Europa	ák
	17:47,9	Europa	ek
	20:10,1	Europa	ev
	20:12,3	Europa	áv
29	0:38,9	Io	fk
	2:49,7	Io	fv
	21:46,9	Io	ek
	21:47,5	Io	ák
	23:56,2	Io	ev
	23:58,5	Io	áv
30	19: 5,6	Io	mk
	21:18,3	Io	fv
31	16:12,8	Io	ek
	16:16,3	Io	ák
	17:45,0	Ganymedes	ek
	17:46,0	Ganymedes	ák
	18:22,2	Io	ev
	18:27,3	Io	áv
	19:11,2	Ganymedes	ev
	19:45,4	Ganymedes	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

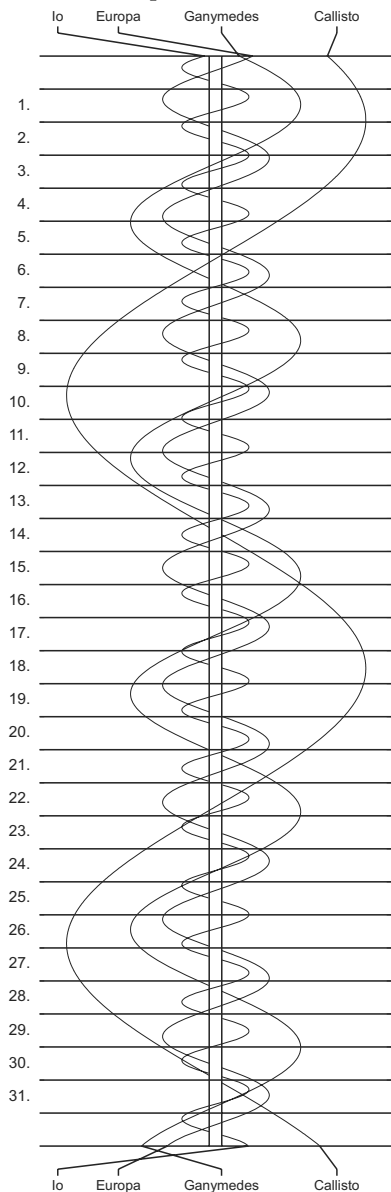
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

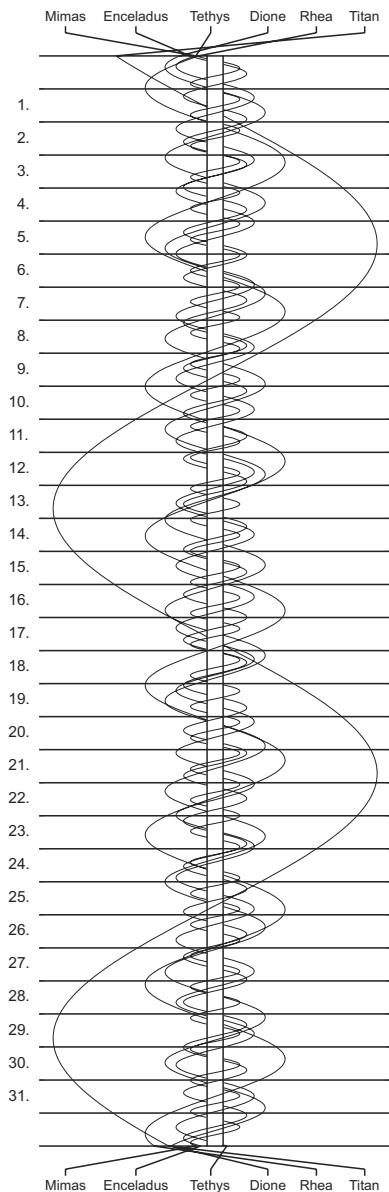
k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

## Jupiter-holdak



## Szaturnusz-holdak





## Meteorrajok

**Draconidák.** Az egyik legtöbb meglepetést és a legtöbb csalódást is okozó meteorraj a Draconidák, melyet Giacobinidák néven is ismernek. Egy nagyon fiatal áramlatról van szó, amely a 21P/Giacobini–Zinner-üstökösből származik. Az égítést csak 1900 óta keresztezi a földpályát, így a raj a XX. században látszott először. Két hatalmas kitörést is produkált, 1933-ban egy rövid időszakban 100–200 meteor látszott percenként, 1946-ban pedig 50–100 meteor/perces hullást láthattak a szerencsések. Szintén nagy hullást vártak 1972-ben, de nagy csalódás lett a vége, ahogy a 70-es és 80-as évek további előrejelzett kitöréseinél sem történt semmi. Legutóbb 1998. október 8-án mutatta meg magát a raj, amikor óránként 100 draconidát láttak távol-keleti észlelők. Az idei évre ismét kitörést jósolnak, melynek nagyságát 40/óra és 750/óra közé teszik, vagyis megint nagy a bizonytalanság. Az áramlat radiánsa hazánkból nézve cirkupoláris, és könnyen azonosítható helyen, a Sárkány fejénél található. Bár az október 8-án 17–20 UT közé várt két maximum számunkra kedvező időpontban lesz, a telehold előtt három nappal járó Hold nagyon megnehezítheti az észlelést. Ha viszont tényleg több 100 draconida hullik majd óránként, ez sem fogja zavarni a pazar látványt.

**Orionidák.** Az év egyik legjelentősebb és legjobban tanulmányozott raja az októberben jelentkező Orionidák. Az idén nem a legkedvezőbb holdfázis mellett figyelhetjük meg október 21/22-én éjszakára eső maximumát, de az utolsó negyed után lévő Hold a tapasztalatok szerint már nem zavarja jelentősen a vizuális megfigyeléseket. A raj a Halley-üstököshöz köthető, tavaszi párja a májusi Éta Aquaridák, az üstökös pályája ugyanis kétszer is metszi a földpályát. Az Orionidákat 1839-ben fedezte fel Edward C. Herrick, de csak egy 1911-es tanulmány vetette fel az Éta Aquaridákkal való kapcsolatát. Mivel a Halley-üstökös retrográd irányba kering, a meteorok szemből érkeznek, így légkörbe érkezési sebességük igen nagy, 66 km/s. Az átlagos ZHR 23 körüli, de egy tanulmány kimutatta, hogy a maximumok nagysága 12 éves periódussal változik, ami a Jupiter perturbáló hatásának következménye. Jelenleg egy aktívabb periódus után járunk, de így is érdemes időt szánni erre a nevezetes rajra, amely az utolsó a nagy áramlatok közül, melyet még viszonylag kellemes időjárás mellett, fagyoskodás nélkül észlelhetünk. A raj maximuma nem éles, így a környező éjszakákon is szép hullásban gyönyörködhetünk, ráadásul többször feljegyezték erős almaximumok jelentkezését. Bizonyos években ezek nagysága a fő maximuméval vetekedett, és 1993-ban és 1998-ban is október 17/18-ára esett. A radiáns az Oriontól északkeletre, szinte már a Geminiben található. Este 10 körül kel, így megfigyelésre az éjfél utáni órák a legalkalmasabbak.

$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – november**

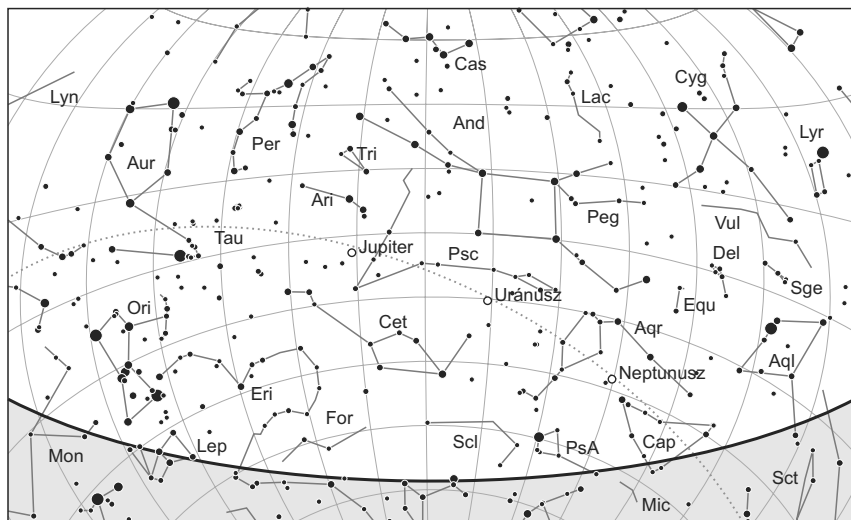
KÖZEI

Dátum	Nap				$h_d$ °	$E_t$ m	Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m				kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. k 305.	6 26	11 27	16 28	28,1	+16,4		12 07	16 53	21 46	☉ 17 38
2. sz 306.	6 28	11 27	16 26	27,8	+16,5		12 38	17 42	22 54	
3. cs 307.	6 29	11 27	16 24	27,5	+16,5		13 04	18 28	–	
4. p 308.	6 31	11 27	16 23	27,2	+16,5		13 27	19 11	0 01	
5. sz 309.	6 32	11 27	16 22	26,9	+16,5		13 48	19 53	1 05	
6. v 310.	6 34	11 27	16 20	26,6	+16,4		14 08	20 34	2 08	○ 21 16
45. hét										
7. h 311.	6 35	11 27	16 19	26,3	+16,4		14 29	21 16	3 11	
8. k 312.	6 37	11 27	16 17	26,0	+16,3		14 52	21 58	4 13	
9. sz 313.	6 38	11 27	16 16	25,7	+16,3		15 17	22 43	5 16	
10. cs 314.	6 40	11 27	16 15	25,4	+16,2		15 47	23 29	6 18	☉ 16 09
11. p 315.	6 41	11 28	16 13	25,1	+16,1		16 22	–	7 20	
12. sz 316.	6 43	11 28	16 12	24,9	+16,0		17 05	0 17	8 18	
13. v 317.	6 44	11 28	16 11	24,6	+15,9		17 55	1 07	9 11	
46. hét										
14. h 318.	6 46	11 28	16 10	24,4	+15,7		18 52	1 58	9 59	☉ 16 09
15. k 319.	6 47	11 28	16 08	24,1	+15,6		19 55	2 49	10 39	
16. sz 320.	6 49	11 28	16 07	23,8	+15,4		21 03	3 40	11 14	
17. cs 321.	6 50	11 28	16 06	23,6	+15,2		22 13	4 30	11 45	
18. p 322.	6 52	11 29	16 05	23,4	+15,0		23 26	5 19	12 12	
19. sz 323.	6 53	11 29	16 04	23,1	+14,8		–	6 08	12 37	● 7 10
20. v 324.	6 55	11 29	16 03	22,9	+14,6		0 40	6 57	13 02	
47. hét										
21. h 325.	6 56	11 29	16 02	22,7	+14,4		1 57	7 48	13 28	
22. k 326.	6 58	11 30	16 01	22,4	+14,1		3 16	8 42	13 57	
23. sz 327.	6 59	11 30	16 01	22,2	+13,8		4 37	9 39	14 32	● 7 10
24. cs 328.	7 00	11 30	16 00	22,0	+13,6		5 57	10 39	15 14	
25. p 329.	7 02	11 30	15 59	21,8	+13,3		7 14	11 41	16 05	
26. sz 330.	7 03	11 31	15 58	21,6	+13,0		8 21	12 43	17 06	
27. v 331.	7 04	11 31	15 58	21,4	+12,6		9 17	13 44	18 15	
48. hét										
28. h 332.	7 06	11 31	15 57	21,3	+12,3		10 01	14 40	19 26	
29. k 333.	7 07	11 32	15 56	21,1	+12,0		10 37	15 33	20 37	
30. sz 334.	7 08	11 32	15 56	20,9	+11,6		11 05	16 21	21 47	

## november

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 867	2 39 44	Mindenszentek; Marianna, Benigna
2.	2 455 868	2 43 41	Achilles, Viktor
3.	2 455 869	2 47 38	Győző, Bálint, Ida, Szilvia, Valentin
4.	2 455 870	2 51 34	Károly, Karola, Karolina, Sarolta
5.	2 455 871	2 55 31	Imre
6.	2 455 872	2 59 27	Lénárd
7.	2 455 873	3 03 24	Rezső, Ernő, Karina, Rudolf
8.	2 455 874	3 07 20	Zsombor, Kolos
9.	2 455 875	3 11 17	Tivadar, Tihamér
10.	2 455 876	3 15 13	Réka, András, Ariel, Tünde
11.	2 455 877	3 19 10	Márton, Martin
12.	2 455 878	3 23 07	Jónás, Renátó, Emil, Krisztián, Levente, Tihamér
13.	2 455 879	3 27 03	Szilvia, Jenő, Miklós
14.	2 455 880	3 31 00	Aliz, Klementina, Vanda
15.	2 455 881	3 34 56	Albert, Lipót, Dezső, Richárd
16.	2 455 882	3 38 53	Ödön, Ágnes, Alfréd, Gertrúd, Margit, Péter
17.	2 455 883	3 42 49	Hortenzia, Gergő, Ede, Gergely, György, Hilda, Ildikó
18.	2 455 884	3 46 46	Jenő, Jolán, Ottó, Péter
19.	2 455 885	3 50 42	Erzsébet
20.	2 455 886	3 54 39	Jolán, Amália, Ödön, Zoltán, Zsolt
21.	2 455 887	3 58 36	Olivér, Amália, Mária
22.	2 455 888	4 02 32	Cecília, Csilla, Mária
23.	2 455 889	4 06 29	Kelemen, Klementina, Dániel
24.	2 455 890	4 10 25	Emma, Flóra, János, Virág
25.	2 455 891	4 14 22	Katalin, Karina, Katarina, Katika, Katinka, Kitty, Liza
26.	2 455 892	4 18 18	Virág, Lénárd, Péter, Szilveszter
27.	2 455 893	4 22 15	Virgil, Jakab
28.	2 455 894	4 26 11	Stefánia, Jakab
29.	2 455 895	4 30 08	Taksony
30.	2 455 896	4 34 05	András, Andor, Amália, Endre

26. Az iszlám naptár 1433. évének kezdete



*A déli égbolt november 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** Felkeresése napnyugta után kísérhető meg, megfigyelésre elég kedvezőtlen helyzetben. 14-én kerül legnagyobb keleti kitérésbe,  $22,7^\circ$ -ra a Naptól. Ekkor mintegy háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Láthatósága csak a hónap vége felé kezd tovább romlani, az utolsó napokban már elvész a napnyugta fényeiben.

**Vénusz:** Immár fényesen látszik az esti délnyugati égen. Láthatósága fokozatosan javul, hó elején még csak háromnegyed órával, hó végén már másfél órával nyugszik a Nap után. Fényessége  $-3,9^m$ , átmérője  $10,6''$ -ről  $11,5''$ -re nő, fázisa  $0,94$ -ről  $0,89$ -ra csökken.

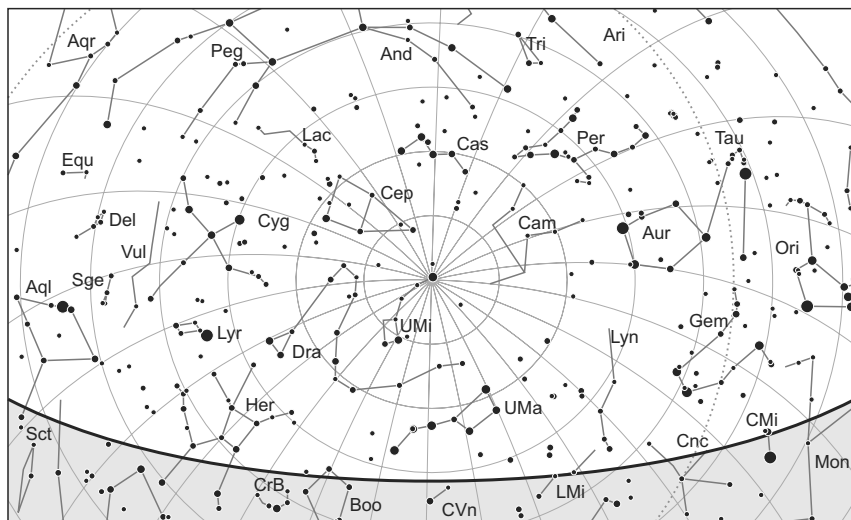
**Mars:** Előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfélkor kel, az éjszaka második felében látható. Fényessége tovább nő, a kezdeti  $1,1^m$ -ről  $0,8^m$ -ra változik. Átmérője immár gyorsan nő,  $5,9''$ -ről  $7,1''$ -re.

**Jupiter:** Hátráló mozgást végez a Kos csillagképben. Feltűnően látható az éjszakai délnyugati égen, hajnalban nyugszik. Fényessége  $-2,9^m$ , átmérője  $49''$ .

**Szaturnusz:** Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Hajnalban kel, a napkelte előtt látható a délkeleti égen. Fényessége  $0,8^m$ , átmérője  $16''$ .

**Urándusz:** Az éjszaka első felében kereshető a Halak csillagképben. Éjfél után nyugszik.

**Neptunusz:** Az éjszaka első felében figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Éjfél előtt nyugszik. Mozgása 9-én vált hátrálóból előre tartóra.



*Az északi égbolt november 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

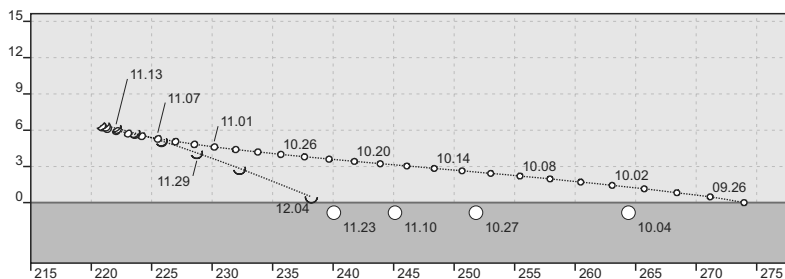
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

- |       |       |   |
|-------|-------|---|
| 11.01 | 9:28  | A Hold keleti librációja ( $l = 8,25^\circ$ )   |
| 11.02 | 16:38 | Első negyed (Hold az Aquarius csillagképben)  |
| 11.04 | 20:16 | A Hold mögé belép az 51 Aquarii ( $5,8^m$ , kettőscsillag, 71%-os, növekvő holdfázis)                               |
| 11.05 | 22:23 | A (29) Amphitrite kisbolygó oppozícióban az Aries csillagképben ( $8,7^m$ )   |
| 11.05 |       | A Déli Tauridák meteorraj elhúzóódó maximuma (a növekvő fázisú Hold az éjszaka első felében zavarja a megfigyelést) |
| 11.06 | 0:38  | A Hold déli librációja ( $b = -6,34^\circ$ )  |
| 11.07 | 18:12 | A (172) Baucis kisbolygó ( $12,0^m$ ) elfedi az UCAC2 44791198-at ( $11,4^m$ )                                      |
| 11.08 | 2:55  | A (409) Aspasia kisbolygó ( $12,1^m$ ) elfedi az UCAC2 38227251-et ( $11,2^m$ )                                     |
| 11.08 | 13:08 | A Hold földtávolban (földtávolság: 406 196 km, látszó átmérő: $29'25''$ , 95%-os, növekvő holdfázis)                |
| 11.09 | 15:49 | A 99%-os, növekvő fázisú Holdtól $4,1^\circ$ -ra délre látható a Jupiter  |
| 11.10 | 20:16 | Telehold (Hold az Aries csillagképben)  |
| 11.11 | 1:45  | A Mars $1,3^\circ$ -ra megközelíti a Regulust   |
| 11.11 | 16:22 | A Hold minimális librációja ( $l = -2,30^\circ$ , $b = -1,14^\circ$ )   |
| 11.12 | 15:45 | A Merkúr és a Vénusz $1,9^\circ$ -os közelsége a Naptól $23^\circ$ -ra  |
| 11.12 |       | Az Északi Tauridák meteorraj elhúzóódó maximuma (a telehold nagyon zavarja az észlelést)                            |

**Dátum Időpont Esemény**

11.13	0:56	A Hold eléri legnagyobb deklinációját +22,1°-nál (95,6%-os, csökkenő holdfázis)
11.13	4:35	A C/2010 G2 (Hill)-üstökös 28°-re északnyugatra az M38 nyílthalmaztól
11.13	20:23	A 92%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 27,6'-re látható a $\zeta$ Tauri (3,0 <sup>m</sup> )
11.14	8:40	A Merkúr legnagyobb keleti elongációja (22,7° elongáció, -0,2 <sup>m</sup> , 6,6" átmérő, 63% fázis, Scorpius csillagkép)
11.14	19:21	A Hold mögül kilép a 16 Geminorum (6,2 <sup>m</sup> , 86%-os, csökkenő holdfázis)
11.14	19:23	A Hold mögül kilép a 15 Geminorum (6,7 <sup>m</sup> , 86%-os, csökkenő holdfázis)
11.14	19:29	A 86%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől 13'-re látható a $\nu$ Geminorum (4,2 <sup>m</sup> )
11.17	4:01	A Hold mögül kilép a 29 Cancri (5,9 <sup>m</sup> , 66%-os, csökkenő holdfázis)
11.17	9:22	A Hold nyugati librációja ( $l = -7,33^\circ$ )
11.17	17:21	A (1867) Deiphobus kisbolygó (16,0 <sup>m</sup> ) elfedi a TYC 0539-01224-1-et (10,2 <sup>m</sup> )
11.18	3:15	A Leonidák meteorraj maximuma (radiáns 57° magasan, 55%-os, csökkenő fázisú Hold a radiáns közelében)
11.18	10:55	A Hold maximális librációja ( $l = -7,04^\circ$ , $b = 7,24^\circ$ )
11.18	15:09	Utolsó negyed (Hold a Leo csillagképben)
11.18	15:42	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 17:40 UT-kor
11.18	21:27	A Jupiter 2,7'-re megközelíti a HIP 9569-et (6,7 <sup>m</sup> )
11.19	0:37	A Hold mögül kilép a 14 Sextantis (6,2 <sup>m</sup> , 48%-os, csökkenő holdfázis)
11.19	2:28	A 45%-os, csökkenő fázisú Holdtól 7,6°-kal északra látható a Mars
11.19	3:37	A Merkúr dichotómiája (50% fázis, 22°-os keleti elongáció, 7,3" látszó átmérő)
11.20	2:59	A Hold mögül kilép a 62 Leonis (6,0 <sup>m</sup> , 34%-os, csökkenő holdfázis)
11.20	11:20	A Hold északi librációja ( $b = 7,69^\circ$ )
11.20	22:18	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége



A Merkúr az esti égen.

**Dátum Időpont Esemény**

11.21	3:03	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
11.21	4:06	A (248) Lameia kisbolygó (14,4 <sup>m</sup> ) elfedi a TYC 1342-01919-1-et (10,5 <sup>m</sup> )
11.23	23:14	A Hold földközélen (földtávolság: 359 678 km, látszó átmérő: 33'13", 3%-os, csökkenő holdfázis)
11.24	5:27	24 óra 43 perces holdsarló 3° magasan a hajnali égen (a Szaturnusztól 24°-ra délkeletre)
11.24	20:35	A (372) Palma kisbolygó (11,3 <sup>m</sup> ) 1,8'-re nyugatra a θ Andromedaétől
11.25	6:10	Újhold (Hold a Scorpius csillagképben)
11.25	17:33	A Mars eléri legkisebb fázisát 89,9%-nál
11.25	19:44	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 21:42 UT-kor
11.26	11:01	A Hold eléri legkisebb deklinációját -23,5°-nál (2%-os, növekvő holdfázis)
11.26	15:33	A 3%-os, növekvő fázisú Holdtól 3°-ra nyugatra látható a Merkúr (8°-kal keletre a Vénusz)
11.26	15:33	33 óra 23 perces holdsarló 34° magasan az esti égen (a Merkúrtól 3°-ra keletre, a Vénusztól 8°-ra nyugatra, a két szabadszemes bolygó között)
11.27	15:33	A 8%-os, növekvő fázisú Holdtól 6°-re nyugatra látható a Vénusz (18° nyugatra a Merkúr)
11.28	4:53	A Mars 1,3°-ra megközelíti az M95, M96 és M105 alkotta galaxistriót
11.29	8:17	A Hold keleti librációja (l = 7,52°)
11.29	16:10	A (15) Eunomia kisbolygó (7,9 <sup>m</sup> ) a következő 2 nap alatt áthalad a Kalifornia-ködön (NGC 1499)
11.29	18:59	A (15) Eunomia kisbolygó oppozícióban a Perseus csillagképben (7,9 <sup>m</sup> )

**Üstökösök**

**P/2006 T1 (Levy).** A Lacerta csillagképben szép ívben dél felé haladó üstökös fényessége a hónap eleji 10,5 magnitúdóról a hónap végére 9 magnitúóra emelkedik, miközben földtávolsága 0,5 CSE alá csökken. Emiatt látszó átmérője nagy, felületi fényessége pedig kicsi lesz, így megfigyeléséhez fényszennyezéstől mentes, sötét égbolt szükséges.

**C/2009 P1 (Garradd).** Stacionárius pontjában fordulva csak 2,5 fokot mozdul egy hónap alatt, miközben 7,5–8 magnitúdós fényességével binokulárral is könnyen látható célpont. Mélyég-objektumokban és fényes csillagokban szegény területen vándorol, nyugati irányú mozgása a hónap végére északi irányúra vált.

**C/2010 G2 (Hill).** Az egész éjszaka látható, gyors mozgású üstököst az Auriga, majd a Taurus csillagképben kell keresni. Ebben a hónapban éri el maximális fényességét 12 magnitúdó környékén, ami november 23-i 1,245 CSE-es földközelségének köszönhető. A naponta 1,2 fokot megtévő üstökös 13-án este 10 ívpercre megközelíti az 5 magnitúdós σ Aurigae-t, másnap keresztezi a Tejút síkját, 20-án hajnalban a 2,7 magnitúdós ι Aurigae-től 24 ívpercre délkeletre, majd 29-én hajnalban már a χ Tauritól 5 ívpercre északnyugatra láthatjuk.

**78P/Gehrels 2.** A Földtől már távolodó, de a Naphoz még közeledő üstökös alig veszít korábbi fényességéből, az egész hónapban 12,5 magnitúdó körüli égítésként észlelhetjük a Pisces délnyugati szegletében. A délkelet, majd kelet felé haladó vándor 5-én hajnalban 10 ívperccel északkeletre halad el a 13 magnitúdós NGC 7716 galaxistól, szép párost alkotva a távoli csillagvárossal.

## Kisbolygók

**(1) Ceres.** Az Aquarius csillagképben mozog észak felé, amint stacionárius pontjában fordulva hátráló mozgása előretartóba vált. A 8,3 és 8,8 magnitúdó között halványuló kisbolygó a hónap utolsó estéjén 10 ívperccel nyugatra halad el a 6,0 magnitúdós HD 221745 jelű csillagtól.

**(4) Vesta.** Gyors keleti irányú mozgást végez a Capricornus keleti felében, fényessége 7,5 és 7,9 magnitúdó között csökken. 17-én este 14 ívperccel északra láthatjuk a 4,5 magnitúdós 36 Capricornitól, a hónap utolsó éjjelén pedig 1,2 fokra megközelíti a 11,1 magnitúdós (349) Dembowska kisbolygót.

**(15) Eunomia.** A Perseus csillagképben kell keresnünk ezt a nagy pályahajlású kisbolygót, amely a hónap végén éri el szembenállását. Ekkor fényessége meghaladja 8 magnitúdót, mozgása pedig gyors, délnyugati irányú lesz. A hónap utolsó éjszakáján a 4,1 magnitúdós  $\xi$  Perseitől háromnegyed fokkal északkeletre kell keresni.

**(29) Amphitrite.** Az Aries központi részén mozog nyugat felé lassú ütemben. Fényessége 8,8 és 9,3 magnitúdó között csökken, 29-én este fél fokkal északra kell keresni az 5,2 magnitúdós  $\eta$  Arietistől. Egész hónapban egy 16 fok átmérőjű körön belül fog tartózkodni az Urania, a Harmonia és a Leto kisbolygókkal.

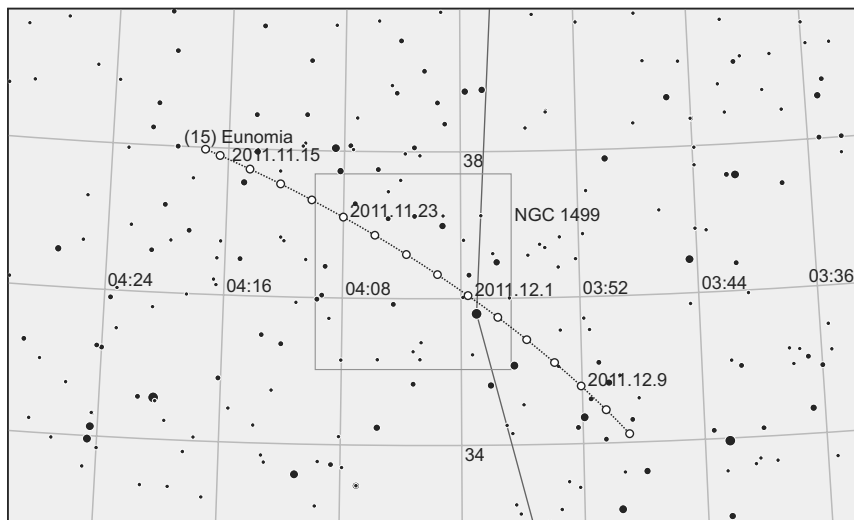
**(30) Urania.** John Russell Hind utolsó kisbolygója volt ez a 100 km átmérőjű égitest, melyre 1854. július 22-én talált rá. Hónap közepi szembenállása idején eléri a lehetséges maximális fényességét, 9,6 magnitúdót. Az Ariesben látható aszteroida 21-én este 22 ívperccel délre halad el a 4,9 magnitúdós  $\epsilon$  Arietistől. A hónap végén 2,7 fokra lesz a (68) Leto kisbolygótól.

**(40) Harmonia.** A kisbolygót azért nevezte el felfedezője, Hermann Goldschmidt a harmónia, az egyetértés, az embereket összekötő szeretet görög istennőjéről, mert felfedezése évében, 1856-ban ért véget az orosz birodalom és az angol–török–olasz–francia erők között zajló krími háború. Az Ariesben szembenállásba kerülő, nyugat felé mozgó égitest fényessége a hónap közepén eléri a 9,4 magnitúdót, ami november végére 10 magnitúdóig csökken. 24-én hajnalban két 15 magnitúdós galaxis (NGC 1166, NGC 1168) között fog elhaladni.

**(68) Leto.** Karl Luther német csillagász fedezte fel Düsseldorfból 1861. április 29-én. Az Apolló és Artemisz anyjáról elnevezett kisbolygó átlagos szembenállására kerül sor ebben a hónapban, fényessége 10,0–9,7–10,4 magnitúdós utat fog bejárni. Eközben 5-én este 20 ívperccel északra halad el 6,1 magnitúdós 53 Arietistől, 16/17-e éjszakáján elhalad a  $\rho^2$  és  $\rho^3$  Arietis között, 25-én hajnalban pedig az 5,8 magnitúdós 40 Arietistől 12 ívperce délre lesz látható. A hónap végén 2,7 fokra megközelíti az Urania kisbolygót.

**(115) Thyra.** A 22 kisbolygót azonosító James Watson fedezte fel 1871. augusztus 6-án Michiganból. A 80 km átmérőjű kisbolygót idén a lehető legnagyobb fényesség mellett észlelhetjük, hiszen október végén lesz napközben, november 23-án pedig szembenállásban. Fényessége ekkor eléri a 9,6 magnitúdót, miközben a Perseus csillag-





Az Eunomia kisbolygó november 29. és december 1. között elhalad a Kalifornia-köd (NGC 1499) előtt.

képben halad nyugat-délnyugat felé. A hónap első hajnalán 15 ívperccel délnyugatra kell keresni a 3,8 magnitúdós  $v$  Perseitől, 15-én hajnalban pedig az NGC 1334 spirálgalaxistól 7 ívperccel északra láthatjuk.

**(1036) Ganymed.** Gyorsan távolodik bolygónktól, ezért fényessége 8,6 és 10,6 magnitúdó között csökken, amint a Cetus csillagképben halad dél felé. Útja során a konstelláció számos közepes fényességű galaxisát megközelíti, 16-án este a 63 Cetitől 30 ívperccel, 17-én este pedig a 66 Cetitől 20 ívperccel keletre lesz látható.

**2005 YU55.** A 2010. áprilisi radarmérések szerint 400 méter átmérőjű földsúroló kisbolygó 2011. november 8,98 UT-kor 0,0022 CSE-re, azaz 330 ezer km-re közelíti meg bolygónkat. Legnagyobb fényességét néhány órával később éri el 11,1 magnitúdónál, de ezen az éjszakán sajnos hazánkból nem lesz megfigyelhető. Először 9-én este kereshetjük a Piscesben, de ekkorra fényessége már 12,1 magnitúdóra apad, és óránként majd egy tized magnitúdót csökken. Mivel sajátmozgása eléri a percenkénti 1 ívpercet, megfigyeléséhez friss pályaelemekre, részletes térképre és a parallaxis figyelembevételére lesz szükség. 10-én este 13,5, másnapra pedig 14,5 magnitúdóra halványul.

### November 29.: A (15) Eunomia kisbolygó elhalad a Kalifornia-köd (NGC 1499) előtt

Az októberi M31–(372) Palma együttállás után itt a következő kisbolygó-mélyégobjektum randevú. A jól ismert, de vizuálisan alacsony felületi fényességű Kalifornia-köd (NGC 1499) az asztrofotósok másik őszi-téli kedvence. November 29. és december 1.

között most elhalad előtte a (15) Eunomia kisbolygó is, mely 7,9 magnitúdós fényessége miatt könnyedén látható lesz még binokulárokkal is.

## Részleges napfogyatkozás 2011. november 25-én

Az év utolsó napfogyatkozása, mely idén már a negyedik, igen nagyfokú, majdnem centrális napfogyatkozás lesz. A jelenség magyar idő szerint hajnalban kezdődik és kora délelőtt ér véget, de Magyarországról nem látható. Az Antarktiszon tevékenykedő kutatók, illetve az Indiai-óceán déli vizein hajózők lehetnek tanúi a mostani jelenségnek. (Csekély mértékű részleges fogyatkozást láthatnak az Afrika legdélebbi csücskében élők, illetve Taszmánia és Új-Zéland lakói.)

A félárnyék 4:23:16-kor érinti az Atlanti-óceán vizeit Dél-Afrikától délnyugatra. Hosszan időzik bolygónk felszínén, és 3 óra 56 perc elteltével Új-Zéland nyugati partjai előtt távozik róla, 8:17:16-kor. A fogyatkozás maximumában, 6:20:17-kor a fogyatkozás nagysága 0,9046 magnitúdó, a Nap felszínének közel 90%-a takarásban van, így ez az idei napfogyatkozások közül a legnagyobb mértékű. Az árnyék közepe csupán 330 kilométerre van az Antarktisz partvidéke felett.

A fogyatkozás során a Hold a Skorpió csillagképben tartózkodik, az égi ízeltlábu ollói környékén, a pálya felszálló csomópontja közelében. A Hold 1,29 napja volt földközelsben, így látszó átmérője nagyobb az átlagosnál: 33,09'. A Föld lassan közeledik a napközelpontja felé, ami 41 nap múlva következik be, így a Nap látszó mérete is nagyobb már, mint az átlag, 32,4'. A kettő különbsége 41,4" – a Hold javára. Ha az umbra érintené a Föld felszínét, teljes napfogyatkozást lehetne látni – sajnos nem így lesz.

A mostani napfogyatkozás a 123-as Szárosz-család szülötte, az ide tartozó 70 eseményből az 53.

## A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
11 2	17	5	27	be	3027	6,9	50 +	28	7 É	351	-1,0	+4,0
11 4	20	15	57	be	3287 51 Aqr	5,8	70 +	31	35 É	16	+0,5	+1,7
11 5	19	19	38	be	146526	7,4	78 +	42	80 É	61	+1,6	+0,7
11 6	22	30	19	be	3524	6,9	86 +	34	66 É	47	+1,0	+0,3
11 9	17	35	50	be	313	7,1	99 +	31	62 É	55	+0,4	+2,1
11 10	3	7	15	be	348	6,8	99 +	20	89 É	86	+0,3	-1,4
11 12	0	43	39	ki	586	6,8	99 -	59	56 É	289	+1,7	-1,6
11 13	20	19	58	ki	X 75822	7,0	92 -	31	57 É	303	+0,9	+0,4
11 13	20	20	3	ki	843	7,0	92 -	31	57 É	303	+0,9	+0,4
11 13	21	59	27	ki	851	6,4	91 -	47	59 D	240	+0,9	+2,4
11 14	19	21	2	ki	991 16 Gem	6,2	85 -	12	37 D	223	-0,6	+2,6
11 14	19	22	58	ki	989 15 Gem	6,7	85 -	13	70 É	295	+0,1	+0,8
11 15	2	15	36	ki	78609	8,0	84 -	63	77 É	290	+1,7	-1,0

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
11 15	2	22	7	ki	78632	7,4	84 – 63		13 É	353	+0,3	–6,7
11 15	21	40	20	ki	1124	6,9	77 – 25		35 D	225	+0,0	+3,4
11 15	21	53	48	ki	96897	7,3	77 – 27		48 É	323	+0,9	–0,5
11 16	23	44	56	ki	1257	7,3	67 – 34		69 D	264	+0,9	+1,6
11 17	4	0	45	ki	1271 29 Cnc	5,9	65 – 56		83 D	278	+1,8	–0,6
11 18	0	55	38	ki	98462	8,0	56 – 34		67 D	265	+1,1	+1,6
11 19	0	37	7	ki	1482 14 Sex	6,2	45 – 20		78 D	278	+0,6	+1,2
11 19	3	1	47	ki	118150	7,3	44 – 40		72 É	309	+1,1	–0,4
11 20	1	54	20	ki	118620	7,3	33 – 20		82 D	282	+0,7	+1,0
11 20	2	43	3	ki	118629	7,6	33 – 27		89 É	292	+0,9	+0,5
11 20	2	58	32	ki	1605 62 Leo	6,0	33 – 29		41 É	339	+0,5	–1,3
11 20	3	8	57	ki	118640	7,8	33 – 31		35 É	346	+0,4	–1,8
11 22	3	28	8	ki	157574	8,7	13 – 10		44 É	333	+0,1	–0,6
11 23	4	11	5	ki	158219	8,7	6 – 4		6 É	7	–1,4	–4,4
11 23	4	25	46	ki	1990	8,0	6 – 6		77 É	296	+0,4	+0,7
11 28	16	10	52	be	X 46227 NSV 24793	8,1	15 + 16		81 D	88	+1,3	–1,0
11 28	16	16	29	be	162680	8,5	15 + 15		38 D	131	+2,4	–3,1
11 28	17	8	40	be	2854	7,2	15 + 9		43 D	126	+1,8	–2,9

## Évforduló

### 300 éve született Lomonoszov, orosz tudós, polihisztor

Mihail Vasziljevics Lomonoszov 1711. november 19-én Oroszország távoli északi szigetén, az Arhangelszki körzetben, Gyenyiszovka faluban (ma Lomonoszovo) látta meg a napvilágot. Már fiatalon is a tanulás volt az ifjú Lomonoszov kedvelt időtöltése. Olvasni a szomszédjuktól, Ivan Subnijtól tanult meg, és minden szabad percét a könyveivel töltötte. 1730-ban, 19 éves korában csatlakozott egy Moszkvába induló karavánhoz. Nem sokkal megérkezése után egy trükkal (egy prédikátor fiának állítja be magát) felvételt nyer az első orosz felsőfokú oktatási intézménybe, az 1682-ben alapított Szláv–Görög–Latin Akadémiára. Amikor néhány év múlva kiderül a felvétele körüli turpisság, csaknem elbocsátják az akadémiáról. Nagyon gyorsan haladt tanulmányai-val, három ott töltött év után Kievbe küldik, az 1632-ben alapított Kiev-Mogila Akadémiára. 1736-ban ösztöndíjat nyer el a Szentpétervári Állami Egyetemen, ahol tanulmányi eredményeit két éves külföldi ösztöndíjjal jutalmazták, amelyet a Marburgi Egyetemen (Németország) tölthetett. A Marburgi Egyetem a 18. század közepének egyik legfontosabb európai egyeteme volt, olyan filozófus oktatók munkássága eredményeként, mint például Christian Wolff (1679–1754), a német felvilágosodás egyik kulcsfigurája. Lomonoszov Wolff személyes tanítványa lett a marburgi időszak alatt, mind filozófiai, mind tudományos adminisztrátori minőségben. Ez a kapcsolat vált meghatározóvá egész életében. Lomonoszov a filozófián felül komolyan tanulmányozta a kémiát, felfedezte magának a XVII. századi angol teológus és természetfilozófus Robert Boyle (1627–1691) munkáit – és még verseket is elkezdett írni. A rendszertelenül

érkező és igen alacsony összegű ösztöndíjból, amelyet az Orosz Tudományos Akadémia folyósított a számára, alig tudta eltartani családját. Amikor körülményei végképp elkésesítővé váltak, 1741-ben visszatért Szentpétervárra. Két évvel később – feltételezhetően az akadémiaival kapcsolatban álló különféle személyek inzultálása miatt – megvádolják, elfogják, és házi őrizetben tartják 8 hónapig. 1745-ben viszont már az Akadémia rendes tagja, az első orosz tag, mert a többi tudóst külföldről hívták meg. A kémia professzora, ez idő tájt katalogizál 3000-nél is több ásványt, és megalapítja az akadémia első kémiai laboratóriumát. 1748-ban Leonhard Eulerhez írt egyik levelében megfogalmazza az anyagmegmaradás elvét, amelyet fémek oxidálási kísérleteivel igazol. Buzgón munkálkodik az orosz oktatási rendszer fejlesztésén, és patrónusával, Ivan Suvalov gróffal megalapítja a Moszkvai Állami Egyetemet (1755). A hőt a mozgás egy formájának tekintette, a fény hullámlélmélete mellett foglalt állást, jelentősen hozzájárult a kinetikai gázelmélet megformálásához. 1760-ban magyarázatot ad a jéghegyek keletkezésére, 1761-ben szentpétervári háza közelében fekvő kis csillagvizsgálóból észleli a Vénusz átvonulását a Nap előtt, és megfigyelései alapján feltételezi a Vénusz légkörének létezését. Meggyőződéssel vallotta, hogy a természetet rendszeres és folyamatos fejlődés jellemzi, és ennek keretében bizonyította a termőföld, a tőzeg, a szén, az olaj és a borostyán természetes eredetét. 1760–61-ben elsőként készített sziderosztátot alkalmazó távcsövet (ez az optikai elrendezés egy évszázaddal később terjedt el), 1762-ben egy továbbfejlesztett tükrös távcsövet mutatott be az Orosz Tudományos Akadémia előtt. Ez abban különbözött a korábbi megoldásoktól, hogy körülbelül 4 fokkal elfordította a tükrök tengelyét a fénysugár beesési irányától. Ez egy úgynevezett kitakarás nélküli optikai rendszer. Sajnos 1827-ig nem publikálják ezt a találmányt, így William Herschel hasonló elrendezése után legtöbbször Herschel-távcsőként ismerik, de a precízebb műszertechnikai publikációk helyesebben Herschel–Lomonoszov-rendszerűnek nevezik. Geográfusként közel jutott a kontinensvándorlás elméletéhez. Tisztán elméleti úton feltételezte az Antarktisz mint szárazföld létét, azzal érvelve, hogy a déli óceánon megfigyelhető jéghegyek csakis száraz területet borító jégretegről eredhetnek. 1764-ben expedíciót szervez az Amerika és Ázsia közötti Északkeleti-átjáró megtalálására. Ebben az évben államtitkári pozíciót kap. Egy évvel később, 1765. április 15-én hal meg Szentpéterváron. Eredményeinek nagy része sokáig ismeretlen maradt Oroszországon kívül, de ma már egy 92 km-es holdkráter, egy 150 km-es Mars-kráter, az (1369) Lomonosowa kisbolygó, egy 1800 km hosszú tengeralatti gerinc és természetesen az általa alapított Moszkvai Állami Egyetem is a kiváló tudós nevét viseli.



*A Lomonoszov Egyetem Moszkvában*

## Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
3	1: 0,7 3:43,8	Europa Europa	mk fv
4	20: 0,9 20:20,1 22:23,8 22:48,0	Europa Europa Europa Europa	ek ák ev áv
5	2:23,1 4:44,3 23:30,6 23:42,6	Io Io Io Io	mk fv ek ák
6	1:40,1 1:53,6 17: 2,3 20:49,0 23:13,0	Io Io Europa Io Io	ev áv fv mk fv
7	17:56,6 18:11,4 20: 6,1 20:22,5 20:57,6 21:47,6 22:28,7 23:46,1	Io Io Io Io Ganymedes Ganymedes Ganymedes Ganymedes	ek ák ek áv ek ák ev áv
8	17:41,7	Io	fv
10	3:15,3	Europa	mk
11	22:14,4 22:56,1	Europa Europa	ek ák
12	0:38,0 1:23,6 4: 6,8	Europa Europa Io	ev áv mk
13	1:14,7 1:37,9 3:24,4 3:48,8 16:22,7 19:40,2 22:32,8	Io Io Io Io Europa Europa Io	ek ák ev áv mk fv mk
14	1: 7,8 19:40,9 20: 6,8 21:50,6	Io Io Io Io	fv ek ák ev

nap	UT h:m	hold	jelenség
14	22:17,7	Io	áv
15	0:11,8 1:48,2 1:49,4 3:47,0 16:58,9 19:36,5	Ganymedes Ganymedes Ganymedes Ganymedes Io Io	ek ev ák áv mk fv
16	16:16,8 16:46,4	Io Io	ev áv
18	17:40,4	Ganymedes	fv
19	0:29,1 1:32,2 2:53,5	Europa Europa Europa	ek ák ev
20	2:59,6 3:33,3 18:39,1 22:18,3	Io Io Europa Europa	ek ák mk fv
21	0:17,4 3: 2,7 21:26,0 22: 2,2 23:35,8	Io Io Io Io Io	mk fv ek ák ev
22	0:13,0 3:29,2 16: 1,7 17:17,1 18:43,6	Io Ganymedes Europa Europa Io	áv ek ev áv mk
23	21:31,5 15:52,4 16:31,0 18: 2,2 18:41,8	Io Io Io Io Io	fv ek ák ev áv
24	16: 0,2	Io	fv
25	16:59,6 18:46,1 19:43,6 21:41,6	Ganymedes Ganymedes Ganymedes Ganymedes	mk mv fk fv
26	2:45,3	Europa	ek
27	20:57,3	Europa	mk
28	0:56,7 2: 2,8	Europa Io	fv mk

nap	UT h:m	hold	jelenség
28	23:12,1	Io	ek
	23:57,8	Io	ák
29	1:22,0	Io	ev
	2: 8,4	Io	áv
	15:54,1	Europa	ek
	17:26,3	Europa	ák
	18:19,5	Europa	ev
	19:52,7	Europa	áv
	20:29,3	Io	mk
	23:26,5	Io	fv
30	17:38,7	Io	ek
	18:26,7	Io	ák
	19:48,6	Io	ev
	20:37,2	Io	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

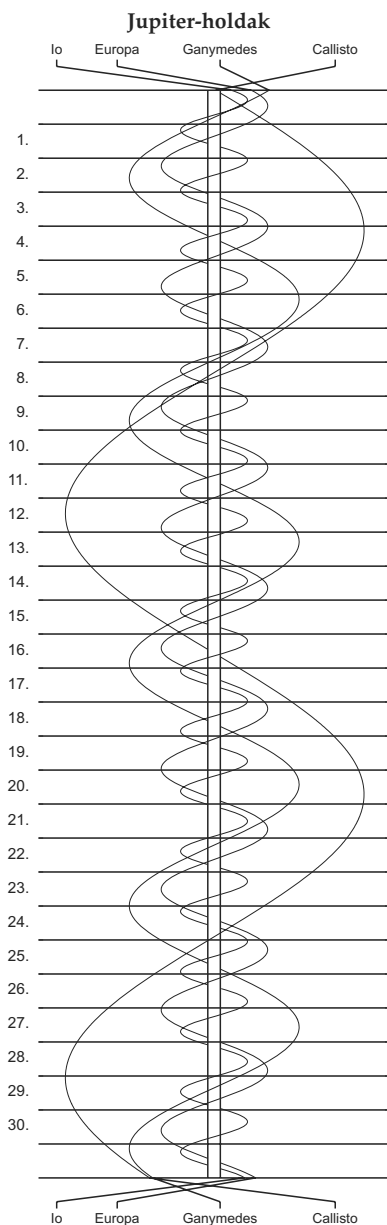
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

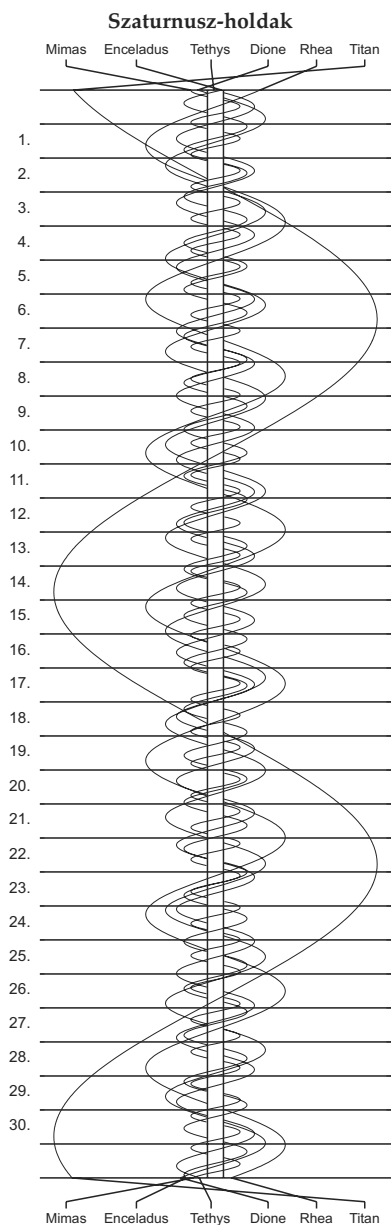
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége





$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – december**

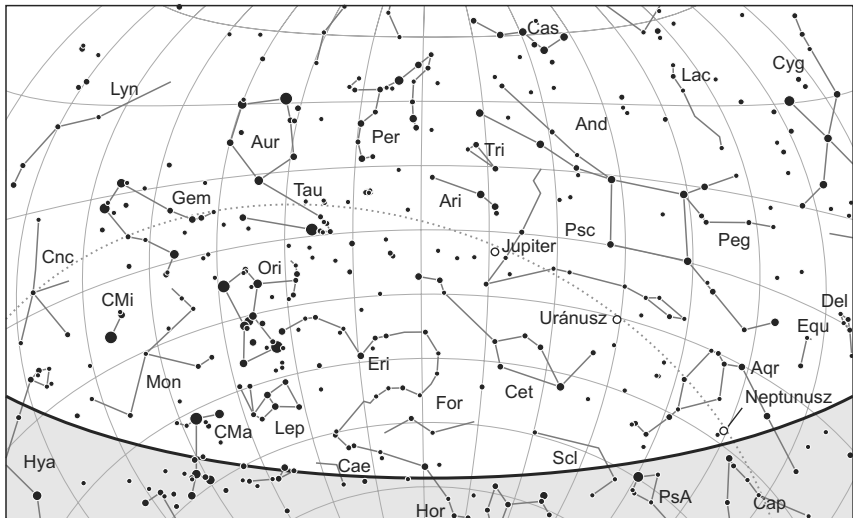
KÖZEI

Dátum	Nap				$h_d$ °	$E_t$ m	Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m				kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. cs 335.	7 10	11 32	15 55	20,8	+11,3		11 30	17 06	22 53	☉ 10 52
2. p 336.	7 11	11 33	15 55	20,6	+10,9		11 52	17 50	23 58	
3. sz 337.	7 12	11 33	15 54	20,5	+10,5		12 13	18 31	–	
4. v 338.	7 13	11 34	15 54	20,3	+10,1		12 33	19 13	1 01	
49. hét										
5. h 339.	7 14	11 34	15 54	20,2	+9,7		12 56	19 55	2 04	○ 15 36
6. k 340.	7 15	11 34	15 53	20,1	+9,3		13 20	20 39	3 06	
7. sz 341.	7 16	11 35	15 53	19,9	+8,9		13 48	21 25	4 08	
8. cs 342.	7 18	11 35	15 53	19,8	+8,4		14 21	22 12	5 11	
9. p 343.	7 19	11 36	15 53	19,7	+8,0		15 02	23 02	6 10	
10. sz 344.	7 20	11 36	15 53	19,6	+7,6		15 49	23 54	7 06	
11. v 345.	7 20	11 37	15 53	19,6	+7,1		16 45	–	7 56	
50. hét										
12. h 346.	7 21	11 37	15 53	19,5	+6,7		17 47	0 46	8 40	☉ 1 48
13. k 347.	7 22	11 38	15 53	19,4	+6,2		18 55	1 37	9 17	
14. sz 348.	7 23	11 38	15 53	19,3	+5,7		20 05	2 27	9 49	
15. cs 349.	7 24	11 39	15 53	19,3	+5,2		21 16	3 17	10 16	
16. p 350.	7 25	11 39	15 53	19,2	+4,8		22 28	4 05	10 41	
17. sz 351.	7 25	11 40	15 54	19,2	+4,3		23 42	4 53	11 06	
18. v 352.	7 26	11 40	15 54	19,2	+3,8		–	5 42	11 31	
51. hét										
19. h 353.	7 27	11 41	15 54	19,1	+3,3		0 58	6 33	11 57	● 19 06
20. k 354.	7 27	11 41	15 55	19,1	+2,8		2 15	7 26	12 28	
21. sz 355.	7 28	11 41	15 55	19,1	+2,3		3 33	8 23	13 05	
22. cs 356.	7 28	11 42	15 56	19,1	+1,8		4 49	9 22	13 50	
23. p 357.	7 29	11 42	15 56	19,1	+1,3		6 00	10 23	14 46	
24. sz 358.	7 29	11 43	15 57	19,1	+0,8		7 01	11 25	15 50	
25. v 359.	7 30	11 43	15 57	19,1	+0,3		7 52	12 24	17 01	
52. hét										
26. h 360.	7 30	11 44	15 58	19,2	–0,2		8 32	13 19	18 14	
27. k 361.	7 30	11 44	15 59	19,2	–0,7		9 04	14 10	19 26	
28. sz 362.	7 31	11 45	16 00	19,3	–1,1		9 31	14 58	20 35	
29. cs 363.	7 31	11 45	16 00	19,3	–1,6		9 55	15 43	21 42	
30. p 364.	7 31	11 46	16 01	19,4	–2,1		10 16	16 26	22 47	
31. sz 365.	7 31	11 46	16 02	19,4	–2,6		10 38	17 08	23 51	



## december

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 897	4 38 01	Elza, Arnold, Blanka, Ede, Natália, Natasa, Oszkár
2.	2 455 898	4 41 58	Melinda, Vivien, Aranka, Aurélia, Dénes
3.	2 455 899	4 45 54	Ferenc, Olívia
4.	2 455 900	4 49 51	Borbála, Barbara, Boróka, Péter
5.	2 455 901	4 53 47	Vilma, Ábel, Csaba, Csanád, Dalma
6.	2 455 902	4 57 44	Miklós, Nikolett, Nikoletta
7.	2 455 903	5 01 40	Ambrus
8.	2 455 904	5 05 37	Mária, Emőke, Mátyás
9.	2 455 905	5 09 34	Natália, Ábel, Georgina, György, Györgyi, Péter, Valéria
10.	2 455 906	5 13 30	Judit, Lívia, Loretta
11.	2 455 907	5 17 27	Árpád, Dániel
12.	2 455 908	5 21 23	Gabriella, Franciska, Johanna
13.	2 455 909	5 25 20	Luca, Otília, Éda, Elza, Lúcia
14.	2 455 910	5 29 16	Szilárda
15.	2 455 911	5 33 13	Valér, Dezső, Mária
16.	2 455 912	5 37 09	Etelka, Aletta, Alida, Beáta, Tihamér
17.	2 455 913	5 41 06	Lázár, Olimpia
18.	2 455 914	5 45 03	Auguszt, Dezső, Mária
19.	2 455 915	5 48 59	Viola
20.	2 455 916	5 52 56	Teofil, Ignác, Krisztián
21.	2 455 917	5 56 52	Tamás, Péter
22.	2 455 918	6 00 49	Zénó, Anikó
23.	2 455 919	6 04 45	Viktória
24.	2 455 920	6 08 42	Ádám, Éva, Adél, Alinka, Ervin, Hermina, Noémi
25.	2 455 921	6 12 38	Karácsony; Eugénia, Anasztázia
26.	2 455 922	6 16 35	Karácsony; István, Dénes, Előd, Stefánia
27.	2 455 923	6 20 32	János
28.	2 455 924	6 24 28	Kamilla, Ármin, Gáspár
29.	2 455 925	6 28 25	Tamás, Tamara, Dávid, Gáspár
30.	2 455 926	6 32 21	Dávid, Dénes, Hunor, Margit, Zalán
31.	2 455 927	6 36 18	Szilveszter, Darinka, Katalin, Kitty, Melánia



*A déli égbolt december 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap első harmadában nem figyelhető meg. 4-én van alsó együttállásban a Nappal. 10-én már kereshető a hajnali ég alján, láthatósága gyorsan javul, 23-án kerül legnagyobb nyugati kitérésbe,  $21,8^\circ$ -ra a Naptól. Ekkor majdnem két órával kel a Nap előtt, idei legkiválóbb megfigyelhetőségét adva.

**Vénusz:** Az esti égbolt feltűnő égiteste, magasan a délnyugati látóhatár felett. A hónap elején másfél, a végén két és háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége  $-3,9^m$ -ról  $-4,0^m$ -ra, átmérője  $11,5''$ -ről  $12,9''$ -re nő, fázisa  $0,89$ -ről  $0,83$ -ra csökken.

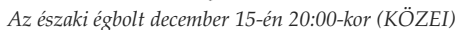
**Mars:** Előretartó, de egyre lassuló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében figyelhető meg. Fényessége  $0,7^m$ -ről  $0,2^m$ -ra, átmérője  $7,1''$ -ről  $9,0''$ -re nő.

**Jupiter:** Hátráló, majd 26-ától előretartó mozgást végez előbb a Kos, majd a Halak csillagképben. Hajnalban nyugszik, az éjszaka első felében a délnyugati égbolt feltűnő égiteste. Fényessége  $-2,7^m$ , átmérője  $46''$ .

**Szaturnusz:** Kora hajnalban kel, az éjszaka második felében látható. Folytatja előre-tartó mozgását a Szűz csillagképben. Fényessége  $0,7^m$ , átmérője  $16''$ .

**Uránusz:** Az éjszaka első felében kereshető a Halak csillagképben. Éjfél előtt nyugszik. 10-én hátráló mozgása ismét előretartóvá változik.

**Neptunusz:** Az esti órákban figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Késő este nyugszik.

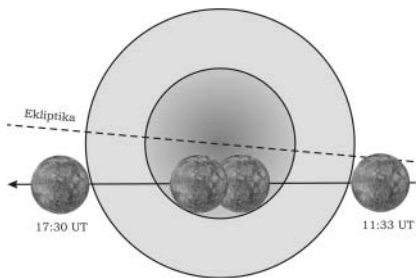


## Dátum Időpont Esemény

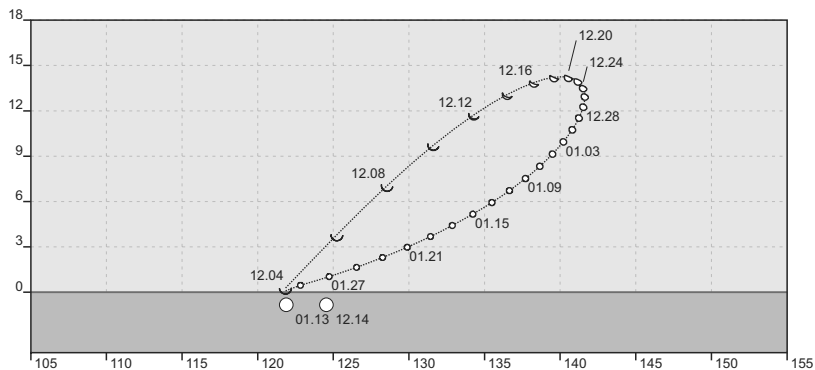
12.01	23:01	A (759) Vinifera kisbolygó (14,5 <sup>m</sup> ) elfedi az TYC 3301-00340-1-et (10,3 <sup>m</sup> )
12.02	9:52	Első negyed (Hold az Aquarius csillagképben)
12.02	15:53	A Vénusz 1,2°-ra megközelíti az M22 gömbhalmazt
12.02	23:04	A Hold déli librációja (b = -6,45°)
12.02	23:45	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 12.03. 01:42 UT-kor
12.03	0:20	A P/2006 T1 (Levy)-üstökös 8'-re északra az NGC 7333 galaxistól (9,5 <sup>m</sup> )
12.03	3:25	A (115) Thyra kisbolygó (9,7 <sup>m</sup> ) 6,2'-re délkeletre az $\omega$ Perseitől
12.03	18:42	A (15) Eunomia kisbolygó (8,0 <sup>m</sup> ) 8'-re északnyugatra a $\xi$ Perseitől
12.04	7:13	A Merkúr alsó együttállásban a Nappal (a Naptól 1,3°-ra)
12.04	21:01	A Hold mögé belép a 45 Piscium (6,8 <sup>m</sup> , 73%-os, növekvő holdfázis)
12.06	1:07	A Hold földtávolban (földtávolság: 405 446 km, látszó átmérő: 29'28", 82%-os, növekvő holdfázis)
12.06	15:29	A 86%-os, növekvő fázisú Holdtól 4,3°-re délkeletre látható a Jupiter
12.07	22:10	A Hold mögé belép a 40 Arietis (5,8 <sup>m</sup> , 93%-os, növekvő holdfázis)
12.08	5:04	Az (5) Astraea kisbolygó (11,0 <sup>m</sup> ) 14'-re megközelíti a (16) Psyche kisbolygót (11,7 <sup>m</sup> )
12.08	14:31	A Hold minimális librációja (l = -1,36°, b = -1,60°)
12.08	16:55	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
12.08	19:50	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége

**Dátum Időpont Esemény**

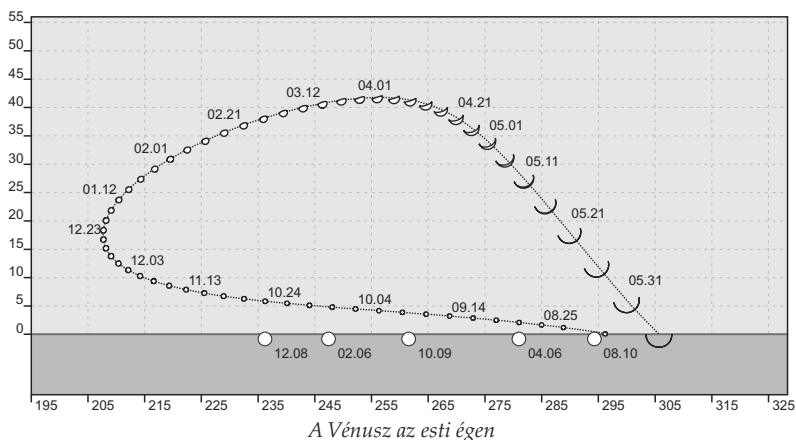
12.10	14:36	Telehold (Hold a Taurus csillagképben)
12.10	14:50	Teljes holdfogyatkozás holdkeltekor. A teljes fogyatkozás mértéke 1,104, fogyatkozás vége 14:56 UT, Hold a Taurus csillagképben
12.10	21:50	A Hold eléri legnagyobb deklinációját $+22,1^\circ$ -nál (99%-os, csökkenő holdfázis)
12.11	0:14	A Hold mögül kilép a 114 Tauri ( $4,9^m$ , 99%-os, csökkenő holdfázis)
12.12	3:31	A Hold mögül kilép a 15 Geminorum ( $6,7^m$ , 98%-os, csökkenő holdfázis)
12.12	3:35	A Hold mögül kilép a 16 Geminorum ( $6,2^m$ , 98%-os, csökkenő holdfázis)
12.12	3:54	A 98%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől $9,2'$ -re a v Geminorum ( $4,2^m$ )
12.14	7:24	A Hold nyugati librációja ( $l = -6,11^\circ$ )
12.14	19:00	A Geminidák meteorraj maximuma (radiáns $26^\circ$ magasan, 83%-os, csökkenő fázisú Hold felkelőben)
12.14	21:11	A Hold mögé belép az $\alpha$ Cancrri (Acubens, $4,3^m$ , 82%-os, csökkenő holdfázis), kilépés 22:09-kor
12.15	3:46	A Hold súrolva elfedi a $\kappa$ Cancrit a déli pereme mentén ( $5,0^m$ , kettőscsillag, 80%-os, csökkenő holdfázis)
12.15	19:34	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége



*December 10-én 14:50 UT: teljes holdfogyatkozás holdkeltekor, a fogyatkozás vége 14:56 UT.*



*A Merkúr a hajnali égen*



### Dátum Időpont Esemény

- 12.15 21:46 Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
- 12.16 3:03 A Szaturnusz 37"-re megközelíti a TYC 5546-703-1-et (9,9<sup>m</sup>)
- 12.16 9:26 A Hold maximális librációja ( $l = -5,55^\circ$ ,  $b = 7,60^\circ$ )
- 12.17 9:49 A Hold északi librációja ( $b = 7,74^\circ$ )
- 12.18 0:48 Utolsó negyed (Hold a Leo csillagképben)
- 12.18 18:49 A Merkúr dichotómiája (50% fázis, 21°-os nyugati elongáció, 7,3" látszó átmérő)
- 12.19 3:12 A Hold mögül kilép a 21 Virginis (5,6<sup>m</sup>, 38%-os, csökkenő holdfázis)
- 12.19 16:09 A Vénusz 36'-re az M75 gömbhalmaztól
- 12.20 4:14 A 26%-os, növekvő fázisú Holdtól 7°-ra északra látható a Szaturnusz
- 12.22 2:50 A Hold földközelségben (földtávolság: 364 775 km, látszó átmérő: 32'46", 9%-os, csökkenő holdfázis)
- 12.22 5:30 Téli napforduló
- 12.22 22:13 Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
- 12.22 23:41 Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
- 12.23 1:30 Az Ursidák meteorraj maximuma (radiáns 46° magasan, a Hold nem zavar)
- 12.23 3:09 A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja (22° elongáció, -0,3<sup>m</sup>, 6,6" átmérő, 64% fázis, Ophiuchus csillagkép)
- 12.23 5:54 36 óra 13 perces holdsarló 6° magasan a hajnali égen (a Merkúrtól 4°-ra délre)
- 12.23 5:54 A 3%-os, csökkenő fázisú Holdtól 3,8°-kal északra látható a Merkúr
- 12.23 10:27 A Hold eléri legkisebb deklinációját -23,4°-nál (2%-os, csökkenő holdfázis)
- 12.24 18:06 Újhold (Hold a Sagittarius csillagképben)
- 12.25 15:33 21 óra 27 perces holdsarló 3° magasan az esti égen (a Vénusztól 22°-ra nyugatra)

**Dátum Időpont Esemény**

12.25	19:10	A (15) Eunomia kisbolygó (8,4 <sup>m</sup> ) 19'-re nyugatra az IC 348 reflexiós ködtől
12.26	1:20	A Mars 4'-re megközelíti a TYC 270-80-1-et (7,7 <sup>m</sup> )
12.26	15:34	45 óra 28 perces holdsarló 12° magasan az esti égen (Vénusztól 10°-ra nyugatra)
12.27	6:58	A Hold keleti librációja (l = 6,30°)
12.27	15:35	A 10%-os, növekvő fázisú Holdtól 6,6°-ra délre látható a Vénusz
12.28	16:14	A Hold mögé belép a 46 Capricorni (5,1 <sup>m</sup> , 18%-os, növekvő holdfázis), kilépés 16:58-kor
12.29	21:37	A Hold déli librációja (b = -6,39°)
12.29	22:24	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 12.30. 00:52 UT-kor
12.29		A Coma Berenicidák meteorraj elhúzódo maximuma (a Hold nem zavarja az észlelést)
12.30	1:36	A Szaturnusz 37"-re megközelíti a TYC 5546-703-1-et (9,9 <sup>m</sup> )
12.30	17:09	A Jupiter 2,7'-re megközelíti a HIP 8887-et (8,1 <sup>m</sup> )
12.31	15:55	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 17:49 UT-kor
12.31	20:05	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége

**Üstökösök**

**P/2006 T1 (Levy).** A Pegasus északi felében, majd 19-étől a Pegazus-négyszögben halad délkelet felé, a hónap végén már csak 0,26 CSE-re lesz bolygónktól, ezért sajátmozgása eléri az 1 fok/nap értéket. 3-án hajnalban 13 ívperccel északkeletre lesz látható az NGC 7331 galaxistól és csoportjától, majd 14-én este 26 ívperccel északra láthatjuk a 12 magnitúdós NGC 6457 galaxistól.

**C/2009 P1 (Garradd).** Ebben a hónapban eléri napközelségét és maximális fényességét, miközben pontosan észak felé mozog a Hercules csillagképben. Rektaszcenzióban mindössze 5 ívperccel mozdul el egy hónap alatt, deklinációja 6 fokot nő. December 23-ai perihéliuma idején ( $q = 1,551$  CSE) fényessége eléri a 7,5 magnitúdót, így az esti égbolt látványos égitestje lesz.

**C/2010 G2 (Hill).** A Taurus, majd a Cetus csillagképekben halad délnyugat felé ez a Naptól és a Földtől is távolodó üstökös, melynek fényessége 12 és 13 magnitúdó között csökken. 3-án este 22 ívperccel délkeletre láthatjuk a 4,4 magnitúdós 37 Tauritól, a Plejádok és a Hyadok között nagyjából félúton, 16-án hajnalban pedig 20 ívperccel délkeletre halad el a 4,1 magnitúdós 5 Tauritól, majd szilveszter estjén 50 ívperccel keletre kell keresni az  $\alpha$  Cetitől.

**78P/Gehrels 2.** A 12,5 és 13 magnitúdó között halványuló üstököst a Pisces, és kisebb részben a Cetus csillagképben halad kelet felé. A hónap első estjén 5 ívpercre megközelíti a 5,6 és 6 magnitúdó között szabálytalanul változó XZ Piscium változócsillagot, majd 8/9-én éjszaka 1 fokkal északra kell keresni az Uránusztól. Karácsony első estjén 5 ívperccel nyugatra kell keresni az 5,8 magnitúdós 44 Pisciumtól, 28-án este pedig 15 ívperccel északra halad el a 13,5 magnitúdós NGC 132 galaxistól.

## Kisbolygók

**(1) Ceres.** Az Aquarius keleti határánál mozog északkelet felé, miközben fényessége 8,8 és 9,1 magnitúdó között csökken. 9-én este 21 ívperccel nyugatra lesz az 5,0 magnitúdós  $\omega^1$  Aquariitól.

**(4) Vesta.** A Capricornus, majd az Aquarius csillagképben mozog északkelet felé, nem messze a 11 magnitúdós (349) Dembowska kisbolygótól. Legkisebb távolságukat a hónap közepén éri el, ekkor nagyjából 40 ívpercre lesznek egymástól. Eközben a 8 magnitúdós Vesta 10-én este fél fokkal északra halad el az éléről látszó NGC 7183 spirálgalaxistól.

**(15) Eunomia.** A Perseus keleti lábának végénél mozog dél felé, fényessége 7,9 és 8,6 magnitúdó között csökken. 3-án este 8 ívpercre északnyugatra halad el a 4,1 magnitúdós  $\xi$  Perseitől, 24-én és 25-én pedig a 3,9 magnitúdós  $\alpha$  Persei negyed fokok környezében lesz látható.

**(29) Amphitrite.** Egész hónapban egy 1,5 fokos körön belül fog tartózkodni az Aries nyugati felében. A stationárius pontjában forduló kisbolygó fényessége 9,3 és 9,9 magnitúdó között csökken.

**(115) Thyra.** A 9,7 és 10,4 magnitúdó között halványodó kisbolygó a Perseus nyugati lábánál éri el a stationárius pontját, ezért déli irányba mozog. 2-án este 8 ívperccel keletre lesz látható a 4,6 magnitúdós  $\omega$  Perseitől, 9-én hajnalban pedig 10 ívperccel nyugatra halad el a 13,5 magnitúdós NGC 1207 galaxistól.

**(433) Eros.** Az elsőként felfedezett földközeli kisbolygó hét évenként bekövetkező földközelségeinek egyikét éri el 2012 januárjában, amikor fényessége eléri a 8,6 magnitúdót. A helyszíni űrszondás vizsgálatok szerint  $34,4 \times 11,2 \times 11,2$  km-es aszteroida ebben a hónapban 10,6 és 9,5 magnitúdó között fényesedik, miközben az Ursa Maior, Lynx és Leo Minor csillagképek találkozásánál, majd utóbbiban, a hónap legvégén pedig a Leo-ban halad dél-délkelet felé. A napi 40–50 ívpercet elmozduló égitest 17-én este 27 ívperccel nyugatra fog látszani a 21 Leonis Minoristól.

## A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
12 1	18	9	50	be	145871	8,0	43 +	30	87 D	72	+1,4	-0,4
12 1	19	22	24	be	145890	7,7	43 +	22	66 É	45	+0,7	+0,1
12 2	22	2	36	be	3371	6,4	54 +	8	57 D	101	+0,4	-2,1
12 4	21	0	33	be	51 45 Psc	6,8	72 +	37	62 É	41	+1,0	+0,7
12 6	19	28	38	be	92695	7,8	87 +	58	14 É	357	-0,3	+6,4
12 7	17	35	41	be	93057	7,6	93 +	45	39 D	127	+2,2	-0,4
12 7	22	10	0	be	415 40 Ari	5,8	93 +	54	35 D	131	+1,9	-3,8
12 8	22	19	1	be	525	6,5	97 +	61	19 É	9	+1,5	+7,2
12 9	1	16	24	be	534	6,1	98 +	36	62 É	52	+1,1	-0,1
12 9	17	21	23	be	76593 NSV 15970	7,1	99 +	30	66 É	57	+0,2	+2,2
12 11	0	14	24	ki	817 114 Tau	4,9	100 -	60	56 D	249	+1,9	+0,3

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
12 11	23	12	24	ki	78252	7,7	98 – 63		89 D	279	+1,8	-0,1
12 11	23	34	10	ki	78267	7,6	98 – 64		58 É	312	+1,6	-1,8
12 11	23	36	17	ki	969	7,3	98 – 64		76 É	295	+1,7	-1,0
12 12	3	30	57	ki	989 15 Gem	6,7	98 – 39		69 É	302	+0,5	-2,1
12 12	3	35	4	ki	991 16 Gem	6,2	98 – 38		43 D	234	+1,5	-0,1
12 13	4	21	48	ki	1114	6,8	93 – 37		81 D	276	+0,8	-1,5
12 13	5	45	13	ki	1124	6,9	93 – 23		74 É	301	+0,1	-1,9
12 14	21	10	50	be	1341 $\alpha$ Cnc	4,3	81 – 19		-67 D	133	+0,5	+0,1
12 14	22	9	23	ki	1341 $\alpha$ Cnc	4,3	81 – 29		62 D	262	+0,8	+1,8
12 16	3	56	14	ki	118028	7,3	70 – 47		70 D	273	+1,8	-0,5
12 16	4	25	39	ki	1469	7,6	70 – 46		40 É	343	+0,5	-2,6
12 17	3	49	3	ki	118520	8,0	59 – 44		68 D	272	+1,9	+0,0
12 17	4	32	53	ki	1582	6,4	59 – 43		4 É	20	-2,8	-7,4
12 18	4	29	7	ki	138361	7,8	48 – 38		50 D	254	+2,3	+0,8
12 18	5	23	46	ki	138384	7,7	48 – 37		36 É	347	+0,5	-2,2
12 18	5	32	42	ki	138378	7,5	48 – 37		67 D	270	+1,8	-0,4
12 19	1	51	35	ki	138830	7,2	38 – 16		75 D	277	+0,8	+1,1
12 19	3	11	40	ki	1800 21 Vir	5,5	37 – 26		83 D	285	+1,2	+0,6
12 27	16	14	19	be	163963	8,6	10 + 18		29 É	8	-0,1	+1,8
12 27	16	39	22	be	163982	9,0	10 + 14		85 É	64	+0,7	-0,6
12 28	16	7	14	be	3184	7,0	17 + 27		60 D	97	+1,7	-1,3
12 28	16	13	36	be	3185 46 Cap	5,1	17 + 27		44 D	113	+2,1	-2,3
12 28	16	57	57	ki	3185 46 Cap	5,1	17 + 22		-31 D	188	+0,0	+1,9
12 28	17	39	44	be	145660	7,9	18 + 17		59 É	36	+0,4	+0,4
12 28	17	39	57	be	145654	8,5	18 + 17		47 É	24	+0,2	+0,9
12 29	16	5	17	be	146139	8,2	26 + 36		57 É	33	+0,9	+1,1
12 29	17	55	52	be	146179	8,4	26 + 24		54 D	101	+1,4	-2,0

## Évforduló

### 100 éve született Grote Reber, amerikai amatőr csillagász, a rádiócsillagászat úttörője

Grote Reber 1911. december 22-én született Chicago elővárosában, Wheatonban (Illinois, USA). Édesanyja általános iskolai tanító volt, akinek 7. és 8. osztályos diákjai között találjuk a kis Edwin Hubble-t is. Grote később kapcsolatba is került vele, kozmológiai kérdésekben cserélték ki nézeteiket. Már 16 évesen amatőr rádiózásba kezd, hívójelét, a legendássá vált W9GFZ-t is ekkor kapta meg. Miután 50-nél is több országgal teremtett rádiókapcsolatot, újabb kihívást keresett. Amikor 1933-ban hall Karl Jansky (1905–1950) úttörő rádiócsillagászati munkájáról, úgy dönt, hogy ez az a terület, ahol ő igazán szeretne dolgozni. Miután a világválság mélypontján nem volt szabad állás, elhatározta egy saját rádiótávcső megépítését wheatoni házának kertjében. A feladatot mérnöki fejlel elemezve arra az eredményre jutott, hogy más jellegű antennára lesz szüksége, mint Janskyé. Terve jelentősen fejlettebb volt, és tulajdon-





képpen új, meghatározó irányt nyitott a következő évtizedek valamennyi nagy rádiótávcső-konstrukciója számára, ugyanis addig még senki nem alkalmazott tányér alakú reflektort antennaként. 1937 nyarán szabadságot vett ki munkahelyéről, és 1 éves keresetének megfelelő, megtakarított pénzéből, 2000 dollárból megépítette a berendezést. Reber egy csaknem 10 méter átmérőjű, parabola felületű fémtükrrel fókuszálta a sugarakat a körülbelül 8 m-re lévő fókuszban elhelyezett vevőre. Elektronikai tudásának, készségének, valamint gyakorlati jártaságának köszönhetően mindent maga tervezett, gyártott és tesztelt, még az érzékeny vevőket is. Az egész szerkezetet egy dönthető állványra szerelte, amit ugyan függőleges tengely körül nem lehetett forgatni, de magasság szerint állítható volt. A kíváncsi szomszéd-

ságot nagyon meghökkentette a furcsa szerkezet, később kisebbfajta turistalátványosság is lett belőle, a chicagói újságok is többször írtak róla.

Első vevőjével, egy 3300 MHz-essel (hullámhossz körülbelül 9 cm) nem tudott a világuírből származó jeleket fogni, ezért készített egy másodikat, amely 900 MHz-en (33 cm hullámhosszon) működött, de ezzel sem járt sikerrel. Végül 1938-ban a 160 MHz (1,8 m-es hullámhossz) meghozta a várt sikert, amivel Jansky felfedezését is alá tudta támasztani. Így kapta meg 1940-ben első professzionális publikációs lehetőségét az *Astrophysical Journal* folyóiratban, ami után kutatói állást is felajánlottak neki a Yerkes Observatóriumban, ezt azonban elutasította. Érdeklődése egy rádiófrekvenciás égbolttérkép elkészítésére összpontosult. Nappal munkahelyén dolgozik, majd néhány órás alvás után éjjel végzi méréseit. Azért döntött így, mert éjjel és hajnalban minimális volt az autóforgalom, így azok elektromos gyújtása nem zavarta a rádióészleléseket. Figyelemre méltó mennyiségű munkát végzett el ebben az időben, és tulajdonképpen a kiváltója lett a II. világháború utáni időszak robbanásszerű rádiócsillagászati fejlődésének. Közél egy évtizedig a világ egyetlen rádiócsillagásza volt. Ez idő tájt világított rá egy rejtélyre, amelyet az 1950-es évekig nem is tudtak megoldani. A rádió emisszió standard elmélete szerint a világuírből jövő rádióhullámok feketetest-jellegűek. Ebből az is következik, hogy a sugárzó forró testekből származó fény (és ennek nem látható formái, például a rádiósugárzás) nagyobb energiájú hullámokból (fény) többet tartalmaz, mint kisebb energiájúakból (például a rádió tartományú). Reber ennek az ellenkezőjét tapasztalta: a vártnál sokkal nagyobb energiákat mért alacsonyabb rádiófrekvenciákon. Később fedezték fel a szinkrotron sugárzást, és ez a mechanizmus (mágneses térben gyorsuló töltött részecskék, például elektronok) tudta megmagyarázni a megfigyeléseket.

Mínthogy a helyi rádióinterferenciák egyre jobban zavarták munkáját, Otto Struvéval tárgyalásba kezdett rádiótávcsövének sokkal jobb, civilizációtól távolabbi helyre

történi telepítéséről, illetve egy nagy, közel 61 m-es rádiótávcső építéséről. Még Harlow Shapley és Fred Whipple érdeklődését is elnyeri, de sem a Harvard obszervatóriumtól, sem egyetemektől nem kapott anyagi támogatást. Később jelentős támogatást kap a Kutatási Szövetségtől (New York), és különféle rádiócsillagászati, légkörkutató, ionoszféra-fizikai kutatási projektekbe kapcsolódik be Maui szigetén, a 3000 m-nél magasabb Haleakala csúcson. Az 1960-as években dipólantennák négyzetkilométeres hálózatát állítja fel egy birkalegelőn, 5 km-re bothwelli (Közép-Tasmania) házától. Számos más területen is publikálta vizsgálatai eredményeit: rádiófrekvenciás áramkörök, ionoszféra-fizika, kozmikus sugárzás, légkörfizika, sőt régészet és babtermesztés is. Szabadalmi közé tartozik a rádiószextáns, amivel felhős időben is kimérhető a Nap pozíciója. 1996-ban azt nyilatkozta a SETI szövetség elnöke: „Ha engem kérdeznek, szerintem csak vesztegetik az idejüket! Ha léteznek értelmes lények odakinn, meg fognak találni bennünket. Emlékeztetném Önöket: Jansky sem kereste a kozmikus rádiózájt. Az találta meg őt.” Két nappal 91. születésnapja előtt, 2002. december 20-án hunyt el. Emléktábláját nemcsak a bothwelli temetőben, hanem a világ számos nagy rádióobszervatóriumában megtaláljuk. Csillagászként amatőr volt, mégis a legrangosabb folyóiratok közzölték írásait, a már említett Astrophysical Journal mellett a Nature, a Journal of Geophysical Research stb. Amatőrként elért eredményei és szakmai körökben szerzett megbecsültsége a XX. században szinte példátlan. Szkeptikussága ellenére – vagy talán éppen azért – egy „SETI dal” is született életéről, de a (6886) Grote kisbolygó és a tasmániai Mount Pleasant Rádió-obszervatóriumban található Grote Reber Múzeum komolyabb elismeréseket is jeleznek.

### Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	17:55,2	Io	fv
2	20:21,8	Ganymedes	mk
	22:13,3	Ganymedes	mv
	23:45,2	Ganymedes	fk
3	1:42,4	Ganymedes	fv
4	23:17,6	Europa	mk
6	0:59,2	Io	ek
	1:53,5	Io	ák
	15:52,5	Ganymedes	áv
	18:13,3	Europa	ek
	20: 2,4	Europa	ák
	20:39,4	Europa	ev
	22:16,0	Io	mk
	22:28,3	Europa	áv
7	1:21,6	Io	fv
	19:26,2	Io	ek
	20:22,4	Io	ák

nap	UT h:m	hold	jelenség
7	21:36,2	Io	ev
	22:32,8	Io	áv
8	16:42,9	Io	mk
	16:54,9	Europa	fv
	19:50,4	Io	fv
9	16: 3,4	Io	ev
	17: 1,8	Io	áv
	23:48,6	Ganymedes	mk
10	1:44,8	Ganymedes	mv
12	1:40,4	Europa	mk
13	15:42,2	Ganymedes	ev
	18: 0,1	Ganymedes	ák
	19:54,1	Ganymedes	áv
	20:34,8	Europa	ek
	22:38,5	Europa	ák
	23: 1,5	Europa	ev
14	0: 4,0	Io	mk

nap	UT h:m	hold	jelenség
14	1: 3,9	Europa	áv
	21:14,9	Io	ek
	22:18,3	Io	ák
	23:25,0	Io	ev
15	0:28,4	Io	áv
	18:31,2	Io	mk
	19:33,7	Europa	fv
	21:45,5	Io	fv
16	15:42,3	Io	ek
	16:47,3	Io	ák
	17:52,5	Io	ev
	18:57,4	Io	áv
17	16:14,3	Io	fv
20	17:21,6	Ganymedes	ek
	19:21,5	Ganymedes	ev
	22: 2,4	Ganymedes	ák
	22:58,7	Europa	ek
	23:55,8	Ganymedes	áv
21	1:14,6	Europa	ák
	1:25,9	Europa	ev
	23: 4,9	Io	ek
22	0:14,2	Io	ák
	1:15,1	Io	ev
	17:19,8	Europa	mk
	20:20,7	Io	mk
	22:12,5	Europa	fv
	23:40,8	Io	fv
23	17:32,7	Io	ek
	18:43,2	Io	ák
	19:42,9	Io	ev
	20:53,2	Io	áv

nap	UT h:m	hold	jelenség
24	16:57,4	Europa	áv
	18: 9,6	Io	fv
27	21: 2,0	Ganymedes	ek
	23: 5,3	Ganymedes	ev
29	0:56,2	Io	ek
	19:49,3	Europa	mk
	22:11,5	Io	mk
	22:20,5	Europa	mv
	22:23,7	Europa	fk
30	0:51,5	Europa	fv
	19:24,3	Io	ek
	20:39,2	Io	ák
	21:34,7	Io	ev
	22:49,1	Io	áv
31	15:54,6	Ganymedes	fk
	16:39,4	Io	mk
	17: 7,1	Europa	ev
	17: 8,6	Europa	ák
	17:49,2	Ganymedes	fv
	19:33,1	Europa	áv
	20: 4,9	Io	fv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

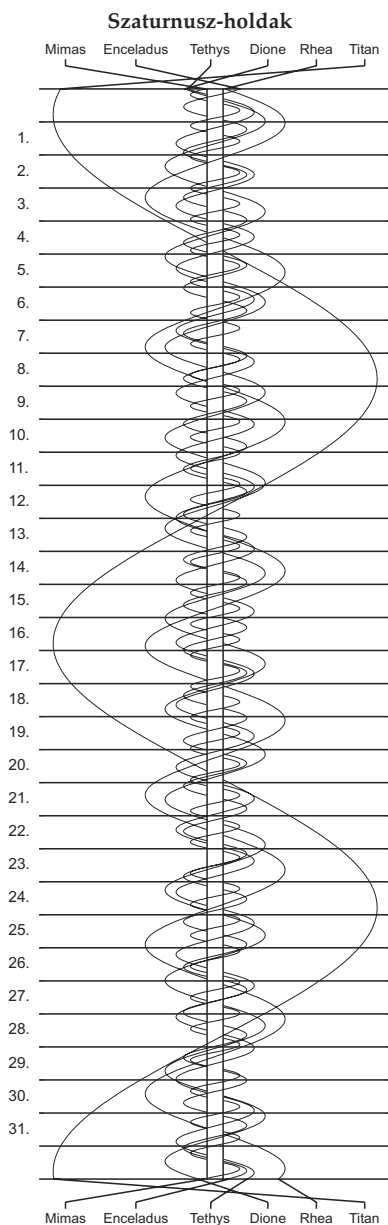
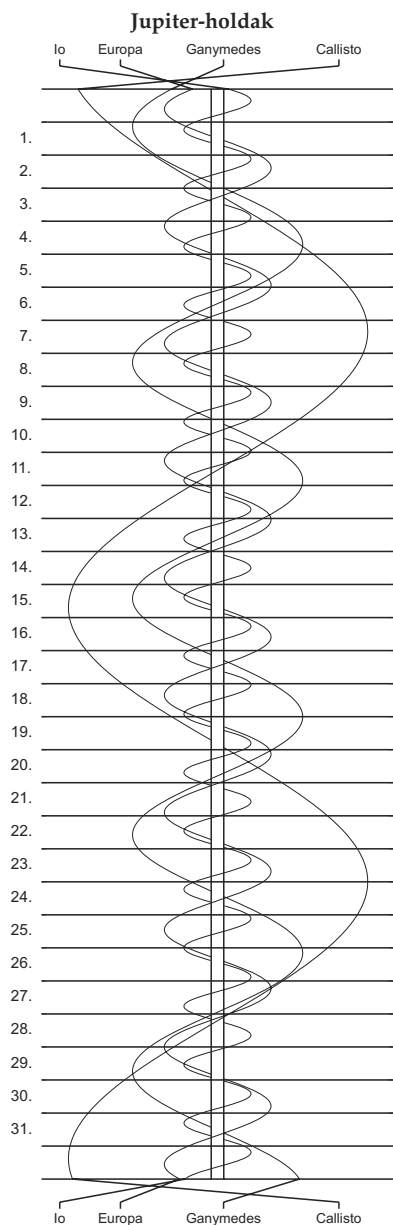
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögött: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége



## A Magyar Csillagászati Egyesület

várja tagjai sorába mindazokat, akiket a csillagászat bármely területe érdekel! Kiadványokkal, rendezvényekkel, honlapokkal, tanácsokkal segítjük tagjainkat és az érdeklődőket, hogy csillagászati ismereteket sajátíthassanak el, megfigyeléseket végezhessenek és kapcsolatot teremthessenek a hasonló érdeklődésűekkel. Tagjaink bekapcsolódhatnak helyi és szakcsoportjaink tevékenységébe.

### Polaris Csillagvizsgáló

Egyesületünk az óbudai Polaris Csillagvizsgálóban (1037 Budapest, Laborc u. 2/c) rendszeres távcsöves bemutatókat, szakköri foglalkozásokat, előadás-sorozatokat tart. Kérésre kihelyezett távcsöves bemutatókat, előadásokat is vállalunk.

### Kiadványainkból

A **Meteor** havonta tájékoztat a csillagászat eredményeiről, a magyar amatőrcsillagászok megfigyeléseiről, az egyesületi programokról. Tanácsokat ad megfigyelések végzéséhez, asztrofotózáshoz, távcsőépítéshez stb. **Csillagászati évkönyvünkben** a hazánkból megfigyelhető égi jelenségek előrejelzései mellett ismeretterjesztő cikkek, intézményi beszámolók olvashatók. Nélkülözhetetlen segédeszköz az amatőrcsillagászok és a csillagászat iránt érdeklődők számára. A Meteort és a Csillagászati évkönyvet tagjaink illetményként kapják.

### Táborok, észlelőhétvégék

Nyári táborainkat zavaró fényektől távoli megfigyelőhelyeken tartjuk. Kitűnő lehetőséget biztosítanak a csillagászat elméleti és gyakorlati alapjainak elsajátítására – minden korosztály számára.

Elérhetőségeink: Magyar Csillagászati Egyesület, 1300 Budapest, Pf. 148., telefon/fax: (1) 240-7708, <http://www.mcse.hu>, e-mail: [mcse@mcse.hu](mailto:mcse@mcse.hu)

## Belépési nyilatkozat

MCSE-tagtoborzó 2011

Név: .....

Cím: .....

Szül. dátum: ..... E-mail: .....

A rendes tagdíj összege 2011-re 6600 Ft, illetmény: Meteor csillagászati évkönyv 2011 és a Meteor című havi folyóirat 2011-es évfolyama.

A tagdíjat átutalással kérjük kiegyenlíteni (bankszámlaszámunk: 62900177-16700448), a teljes név és cím megadásával.

## Képmelléklet

Az első két oldalon található, a bolygók kelését és nyugvását bemutató ábrákról közeli-tő pontossággal leolvasható a Nap keltének és nyugtának időpontja, továbbá a belső és a külső bolygók láthatósága (kelés, nyugvás, a Naptól való kitérés mértéke). I–II. oldal.

### Kálmán Béla: A napkutató új eredményeiből című cikkéhez

4. ábra. A Solar Dynamics Observatory (SDO) AIA műszerével készült képkombináció a napkoronáról, 2010. március 30-án. A kép három, különböző hőmérsékleten késződő koronavonalban készült felvétel kombinációja, vörös, zöld és kék színekben. A kombinációban szerepel az ionizált hélium vonala is (30,4 nm), ezért különösen jól látszik egy nagy protuberancia a jobb felső sarokban. A különböző színekből a korona hőmérsékleti eloszlására lehet következtetni (NASA). III. oldal.

11. ábra. A Max-Planck-Institut kutatóinak szimulációja egy napfoltcsoport mágneses terének szerkezetéről, fent felülnézetben, az alsó részen keresztmetszetben. Ez az első eset, hogy a penumbraszálak modellezése sikerült, majdnem pontosan visszaadva a valóságban megfigyelt részleteket. IV. oldal.

### Kun Mária: Új ablakok a csillagközi anyagra című cikkéhez

2. ábra. Az NGC 7129 négy színű *Spitzer* IRAC képén több kiterjedt „zöld” objektum látható. A rózsaszínű területeken sokgyűrűs aromás szénhidrogének sugárzását látjuk. V. oldal.

3. ábra. Hideg csillagközi por és csillagkeletkezési régiók a Dél Keresztje csillagképben (Herschel PACS-SPIRE). V. oldal.

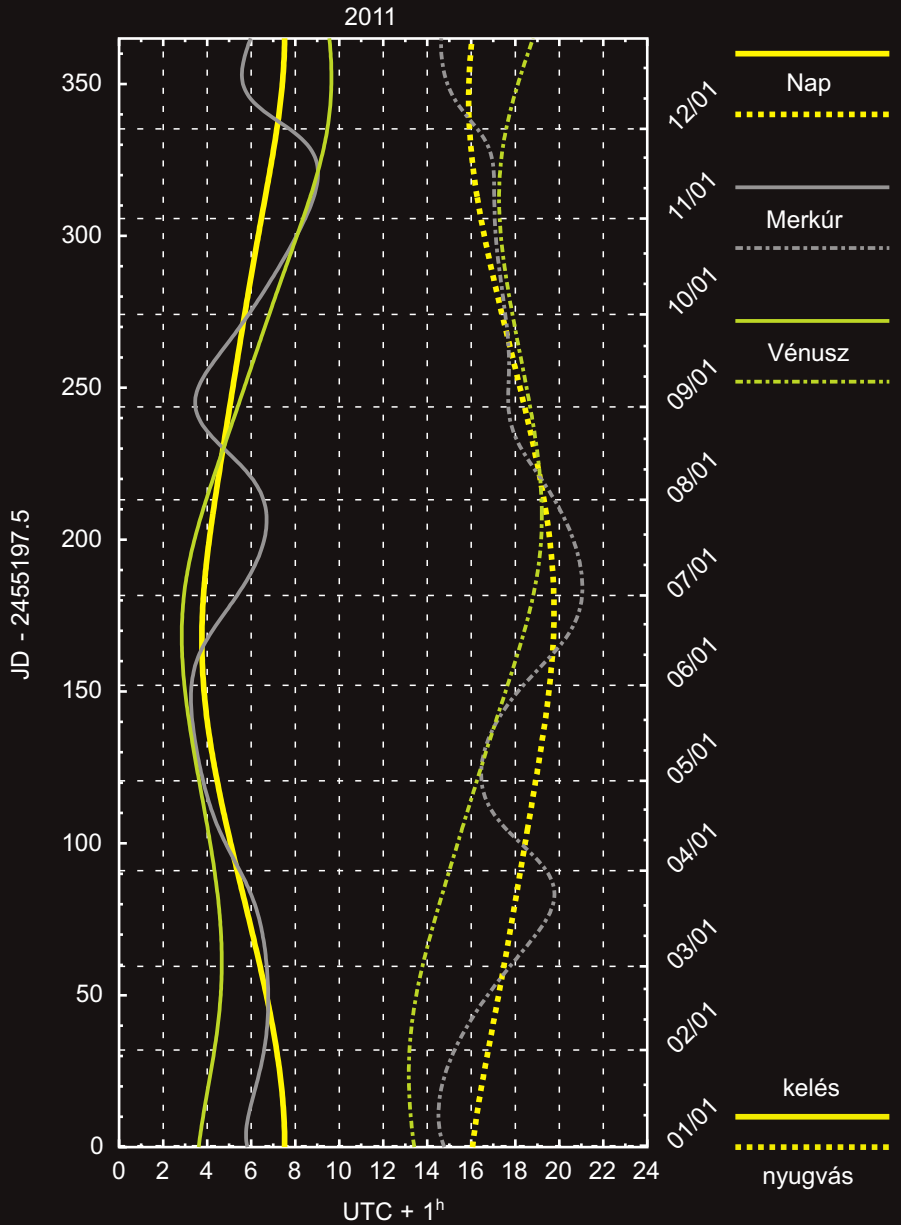
4. ábra. Csillagkeletkezési régiók a Sas csillagképben (Herschel PACS-SPIRE). VI. oldal.

5. ábra. Egy születő csillag környezete három közeli-infravörös sávban: kék: J, zöld: K, piros: 2,12 mikrométeres H<sub>2</sub> vonal. (<http://astro.kent.ac.uk/uwish2/>) VI. oldal.

6. ábra. A Lynds 1448 sötét felhőről szóródó közeli infravörös fény (kék: J, zöld: H, piros: K sáv). VII. oldal.

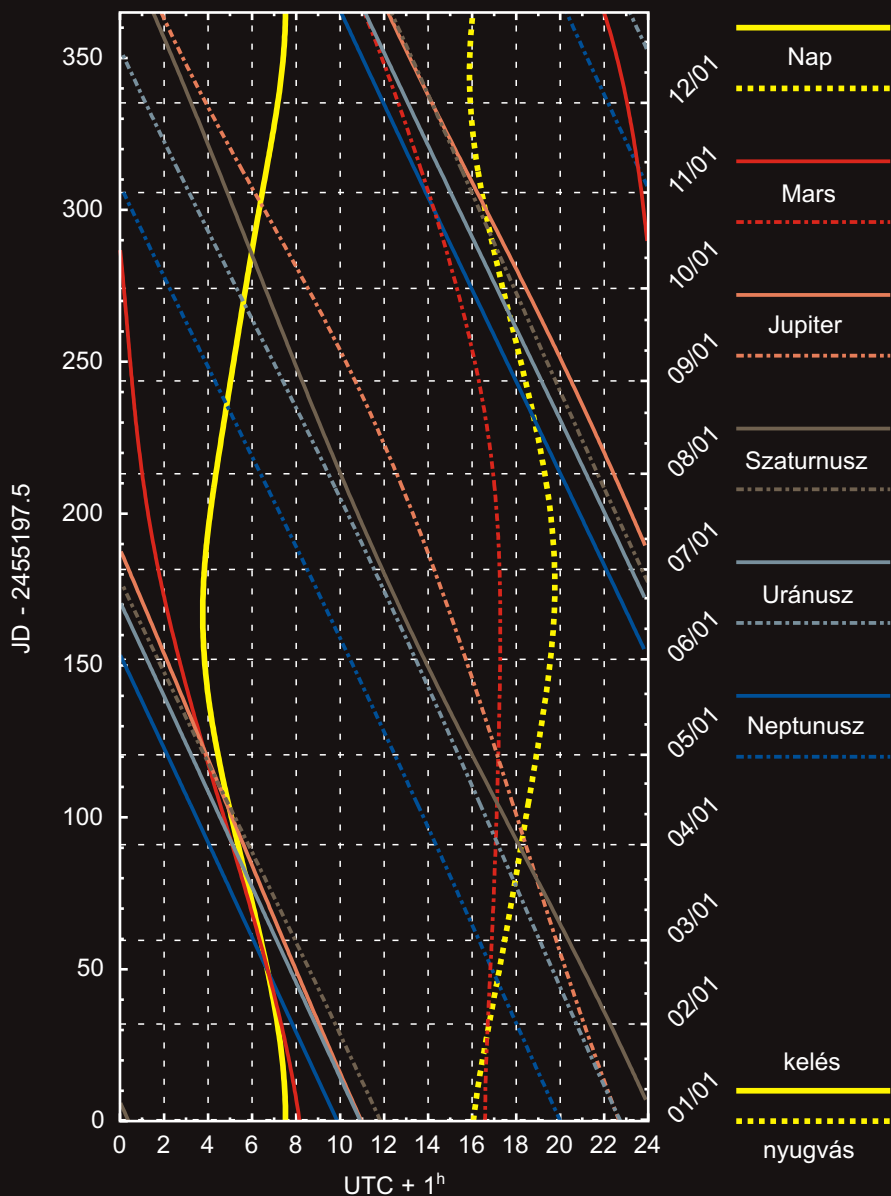
8. ábra. A Tejútrendszer síkjának egy szakasza, 870 (piros), 8,28 (kék) és 14,6 (zöld) mikrométeren (ATLASGAL+ MSX). VIII. oldal.

# Belső bolygók kelése és nyugvása

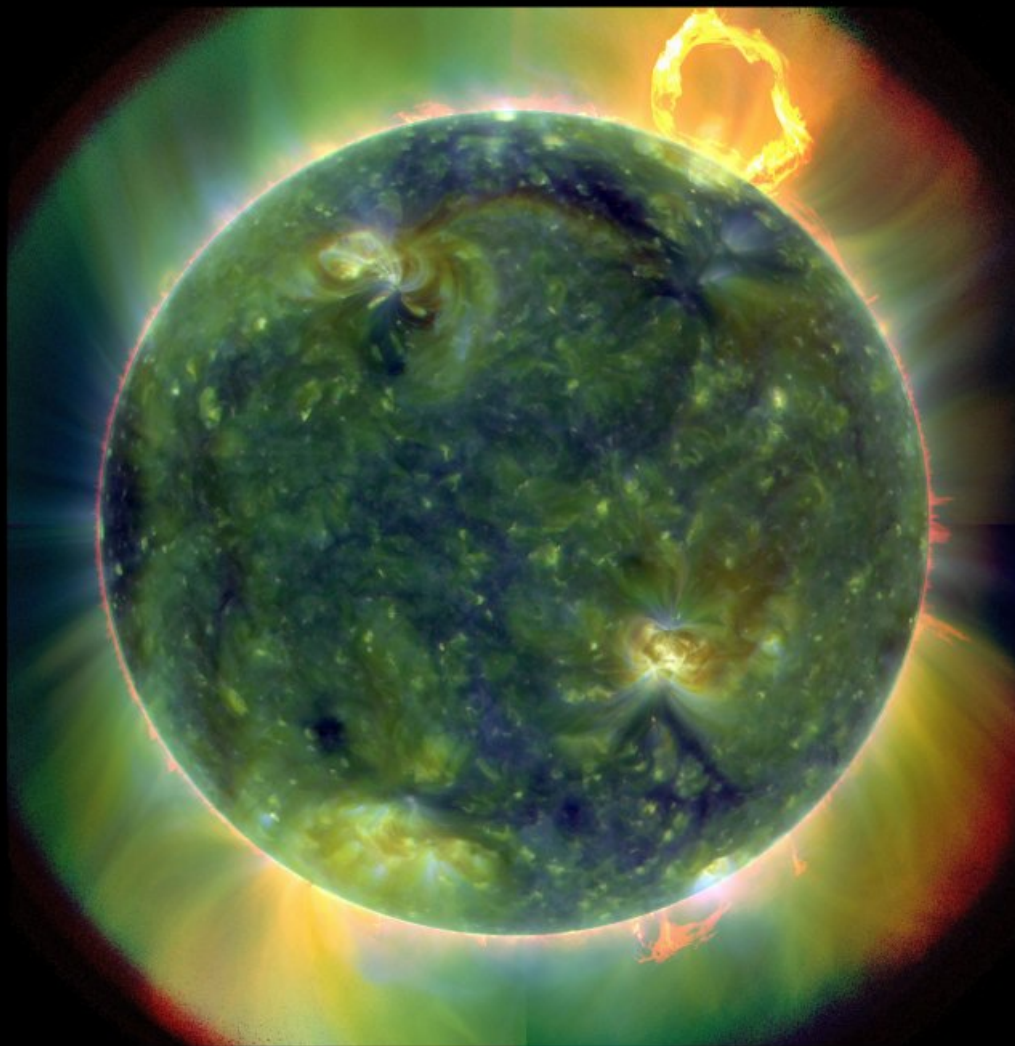


# Külső bolygók kelése és nyugvása

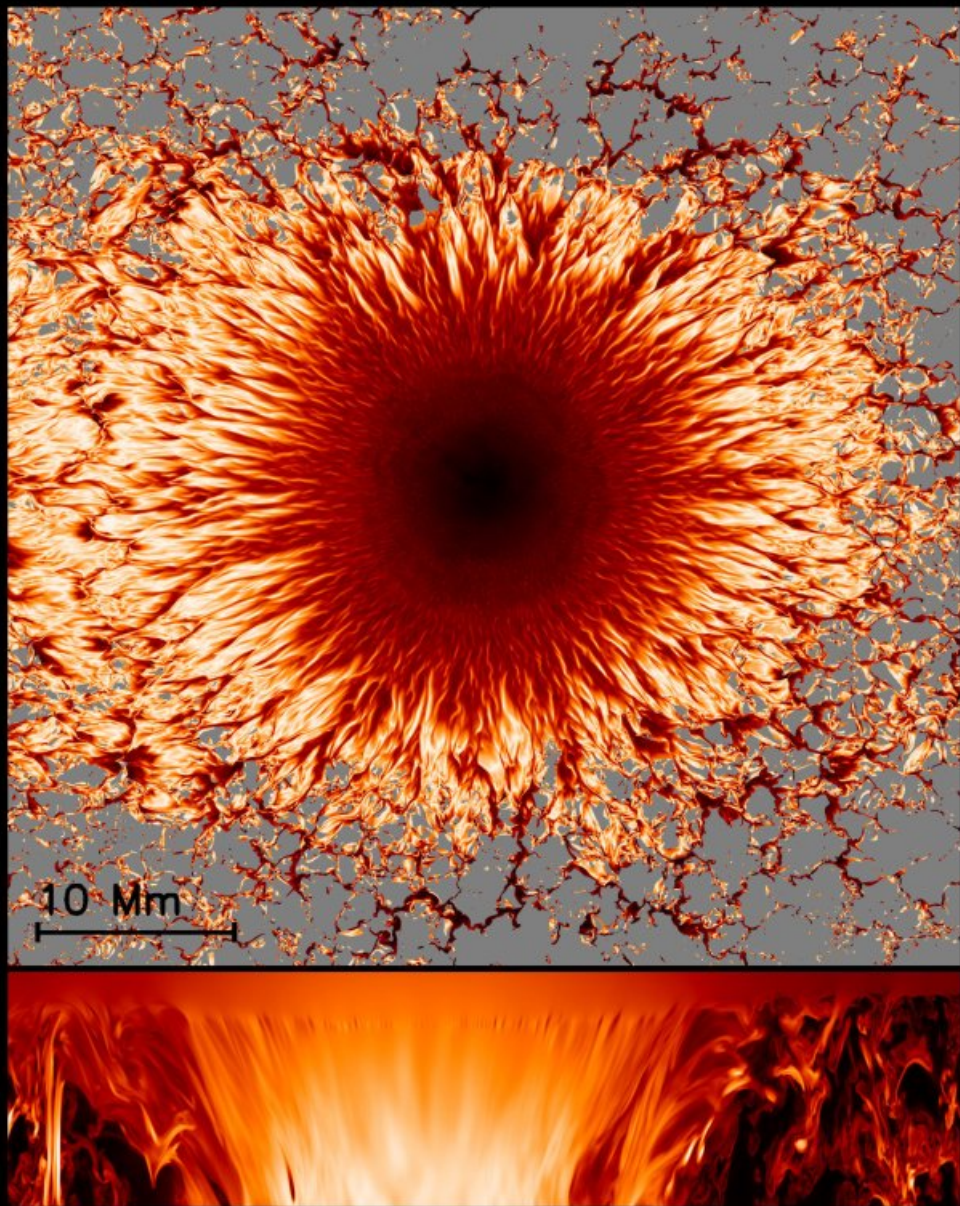
2011







*Kálmán Béla: A napkutató új eredményeiből, 4. ábra*



*Kálmán Béla: A napkutató új eredményeiből, 11. ábra*



*Kun Mária: Új ablakok a csillagközi anyagra*  
2. ábra (balra), 3. ábra (alul)

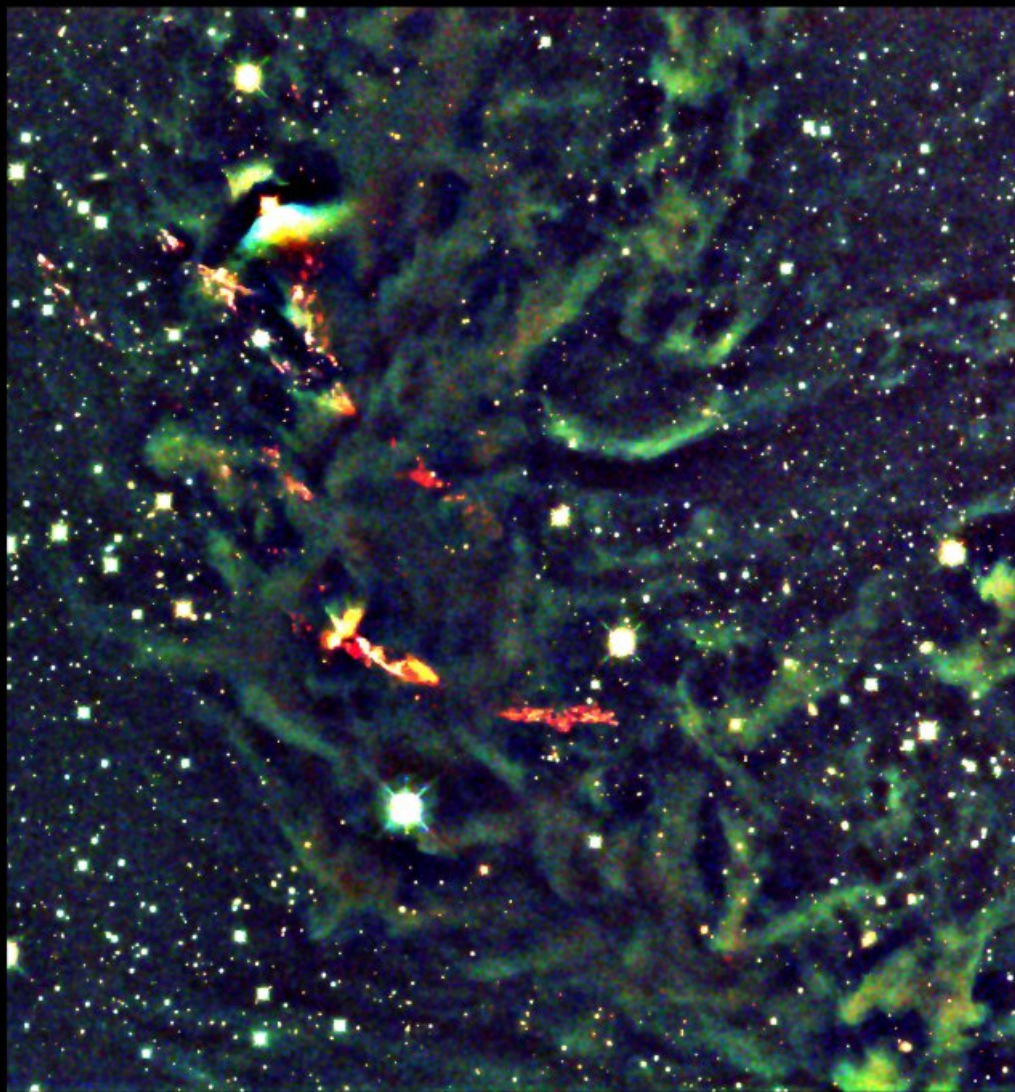




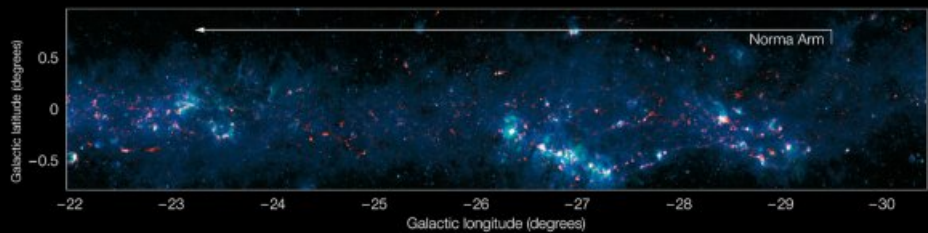
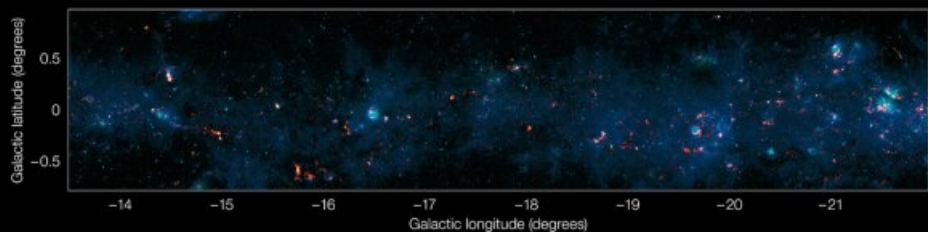
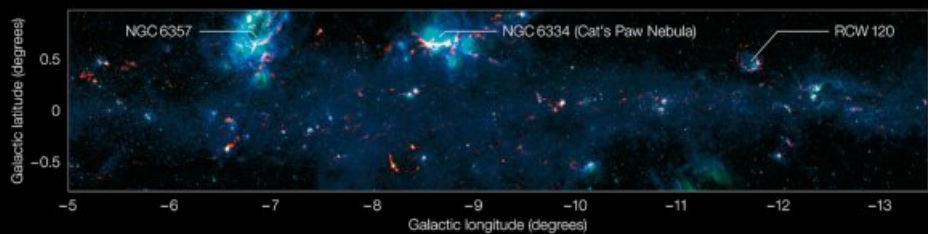
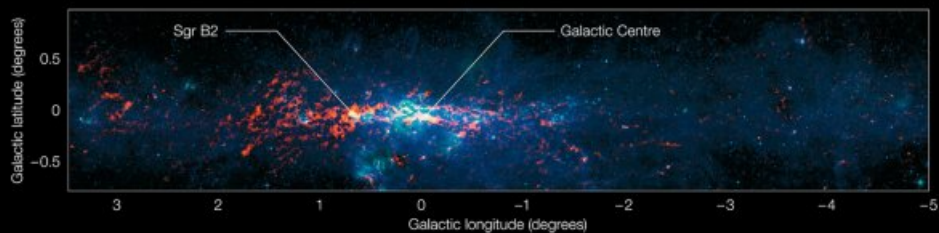
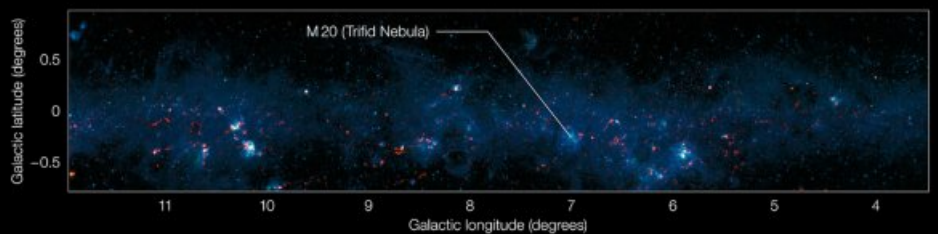


*Kun Mária: Új ablakok a csillagközi anyagra  
4. ábra (felül), 5. ábra (jobbra)*





*Kun Mária: Új ablakok a csillagközi anyagra, 6. ábra*



Kun Mária: Új ablakok a csillagközi anyagra, 8. ábra

## CIKKEK

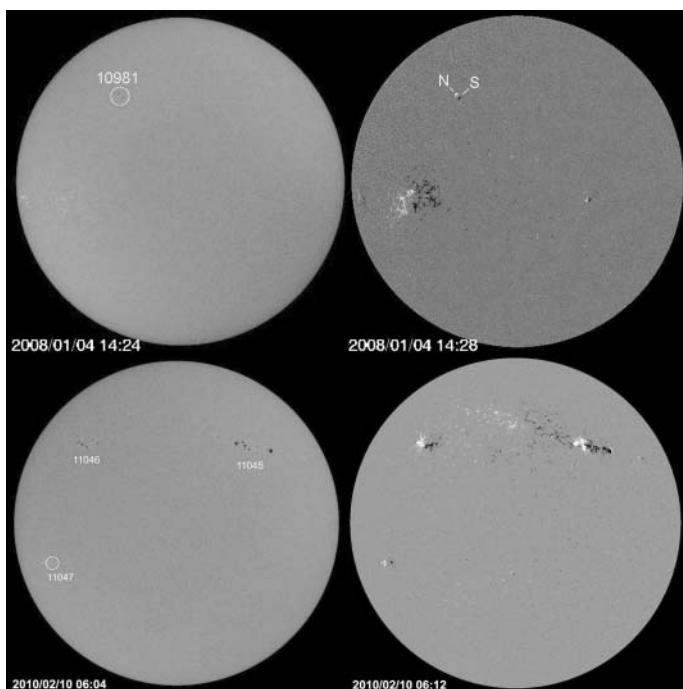




## KÁLMÁN BÉLA

# A napkutató új eredményeiből

Három évvel ezelőtti összefoglalóban már arról írtam, hogy a naptevékenység minimuma körül járunk, most arról számolhatok be, hogy többkevesebb biztonsággal 2008 decemberében túljutottunk rajta. Az elmúlt három év nagyon felforgatta a napfizikusok (vélt) tudását, bár azt kell mondani, hogy inkább csak elkényelmesedtek az utolsó ciklusok „szabályossága” miatt. Az biztos, hogy a most véget ért 23. ciklus szokatlanul elhúzódott. A naptevékenységi ciklusokat R. Wolf szerint szokás számozni, ő volt az, aki Zürichben kizárólag a napfoltok tanulmányozására létrehozott egy csillagvizsgálót, miután az amatőrcsillagász H. S. Schwabe az 1840-es években felfedezte a nagyjából 10 éves ciklust a napfoltok számában, és kiderült, hogy a földmágneses háborgásokban is egy ezzel párhuzamos ciklus figyelhető meg. Wolf alkotta meg a napfoltrelatívszámot is, amely mind a mai napig használatos, mivel egész életét annak szentelte, hogy összegyűjtse a régebbi napfoltészleléseket, és ezek alapján visszafelé is meghatározza a naptevékenység alakulását. Nyilvánvalóan minél régebbre nyúlt vissza, annál kevesebb volt a megfigyelés, így az átlagos éves szintet egész értékre 1700-tól, egy tizedesre és havi átlagokat 1749-től, egyre sűrűbb napi értékeket 1819-től, minden napra vonatkozó értékeket pedig 1849. január 1-jétől tartalmazza a Solar Index Data Center adatbázisa, amit jelenleg Brüsszelben folytatnak. A ciklusok közül az 1. számot az első, minimumtól minimumig havi relatívszámokkal nyomon követhető 1756 júniusi maximum kapta, így lett a 2000 áprilisi maximum a 23. ciklus. Közismert, hogy a napciklus átlagos hossza 11 év, pontosabban 11,1 – így állapította meg még Wolf. Ha azonban megnézzük az utolsó 14, napi értékekkel jellemezhető ciklust (1855. december – 2008. december minimumtól minimumig),  $153/14 = 10,93$  évet kapunk. A teljes adatsorban az első 9 ciklus (1755. február – 1855. december) elég bizonytalan, 9,08 évtől (2. ciklus) 13,58 évig (4.) sokféle hossz van, de inkább 9,5 vagy 12,5 év, 11 körül kevés. Igaz, itt a megfigyelések is bizonytalanok. Amikor már



1. ábra. A régi és az új ciklus aktív vidékei együtt. A NOAA 10981-es kis, néhány napig élő foltcsoport volt a 24. napfoltciklus kezdő foltcsoportja 2008 januárjában. A következő két-három évben mindkét ciklushoz tartozó csoportok előfordultak a Napon, mint a 2010. februári alsó képpár mutatja, a 11045-6-os csoportok az új, 24. ciklushoz tartoznak, míg a 11047-es még a régihez. A bal oldali képek a SOHO MDI fehér fényben készült képei, míg a jobb oldaliak magnetogramok ugyanezzel a műszerrel, a fehér az északi (N), a fekete a déli (S) mágneses polaritás. Érdekes, hogy a képeken szereplő összes aktív vidékben a déli (fekete) polaritás a vezető (bal oldali), mivel a két féltekén egymással ellentétes a vezető polaritás, és a ciklusváltással felcserélődik. A 23. ciklusban az északi féltekén az északi (fehér) polaritás volt a vezető, a délin a déli, a 24. ciklusban fordítva. Az is megfigyelhető a képeken, hogy a 23. ciklus az egyenlítőhöz közelebb végződik, míg a 24. ciklus foltcsoportjai az egyenlítőtől távolabb vannak. Az ábrán mutatott két februári napfoltcsoportban (11045-6) történtek a 24. ciklus első nagyobb flerjei (SOHO-MDI, ESA-NASA).

minden napra van relatívszám, a 10–14. ciklusok (1855. december – 1913. július) elég stabilan 11,5 év körüli hosszúak. Ezután rendszeresen rövidebbek jönnek, 10,25 év körül, kivéve a 20-ast, amely ismét 11,41 éves volt. Ezek után valóban meglepő a 23. ciklus 12,59 éve. Más paramétert nézve, a folt nélküli napok száma (amely alapján Schwabe észrevette a ciklust) a megelőző 6 minimumból 5-ben 220 és 310 közt volt, csak az

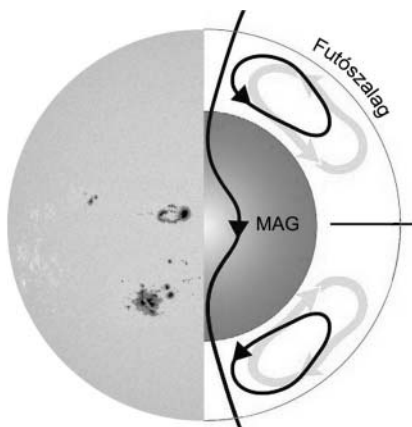
1954-es minimumban volt 446, érdekes módon pontosan az eddigi legmagasabb, 1958. februári maximum előtt. A mostani minimumban 2010. április 30-ig 790 olyan nap volt, amikor nem volt megfigyelhető napfolt, és ez a szám biztosan nagyobb lesz még 30–50-nel. Ennek megfelelően a minimum relatívszámai is a megelőző 6 minimumban 10 körül voltak (1954. márciusban 3,4), míg most 2008. decemberben 1,7.

Ez természetesen csak annyit jelent, hogy a naptevékenység ciklusa szabálytalan, van benne egy erős véletlen komponens is. Ha nemcsak az utolsó 6 ciklust nézzük, hanem az 1849-től meglévő teljes anyagot (amely megfigyelésekben Konkoly Thege Miklós, Gothard Jenő és Fényi Gyula is szerepet játszottak), látható, hogy a mostani minimum nem rendkívüli. 1000 fölötti volt a folt nélküli napok száma az 1878-as és az 1913-as minimumban, még az 1902-esben is 934. Az igaz, hogy a minimum alacsonyágát tekintve már a teljes, 1755-től kezdődő adatsort kell venni, hogy a mostaninál kisebbet találjunk: 1810. júniusban 0,0 és 1823. márciusban 0,1. A 12,59 éves 23. ciklusnál csak a 4. (13,58 év) és a 6. (12,75 év) hosszabb. Mivel a naptevékenység előrejelzése a véletlen komponens miatt nem megoldott, az elmúlt ciklus elhúzódó vége sok találgatásnak adott tápot. A NASA híreiben egymást váltogatták a hangzatos címek: „Új Maunder-minimum várható”, „Minden rendben a napciklussal”, „Az elmúlt ötven évben nem volt ilyen alacsony a naptevékenység” vagy „A galaktikus kozmikus sugárzás eddig nem tapasztalt maximumot ért el”. Ez utóbbit a napszél gyengülése okozta, mivel a napszélben lévő összességben lévő mágneses tér eltéríti a nagyenergiájú galaktikus kozmikus sugárzást, ezért annak erőssége fordítottan arányos a naptevékenységgel. Az új, 24. ciklus első foltcsoportja már 2008 januárjában feltűnt (ezt nagy heliografikus szélességéről és fordított mágneses polaritásáról lehetett tudni), de ezután még sokáig jelentek meg a 23. ciklushoz tartozó csoportok is a kisebb szélességeken (1. ábra). Most, 2010-ben már az új ciklus működik, de egyelőre még elég egyenetlenül, van, hogy csak a Nap fele foltos, a másik oldala sima, ezért még előfordulnak több napos folt nélküli időszakok is, és 2010-ben is előfordult előző ciklushoz tartozó foltcsoport (NOAA 11047).

A naptevékenység általában a napfoltcsoport méretű mágnesestér-koncentrációk gyakoriságát jellemzi, ezzel párhuzamosan változik sok minden, például a napállandó, a 10,7 cm-es rádiósugárzás is. Ezekben is 2008 decemberére esik a minimum és elindult a növekedés. A szokatlanul hosszú és alacsony minimum oka után természetesen sokan kutatnak, egy lehetséges magyarázatot D. Hathaway és L. Rightmire közölt a Science folyóirat 2010. március 12-i számában. Szerintük a Nap felülete alatti meridionális cirkuláció sebességének a változása lehetett az ok. Az egyenlítőről

a pólusok felé tartó lassú, észak-dél irányú áramlás fontos eleme az egyes dinamóelméleteknek, kimutatása és mérése viszont nehéz, mert sebessége mindössze 10–20 m/s, összehasonlítva a forgásból következő 2000 m/s sebességgel, vagy a granuláció (3000 m/s), a szupergranuláció (300 m/s) és a differenciális rotáció (170 m/s) anyagmozgásaival. A szabályos sebességtereket a forgás és a differenciális rotáció pontos figyelembevételével, a granuláció és szupergranuláció okozta hibákat nagy megfigyelési anyagon történő átlagolással kiszűrve a SOHO MDI műszerének 60 ezer (6 óra időkülönbségű) magnetogram-párján határozták meg 1996 májusa és 2009 júniusa közötti időszakra a mágneses elemek elmozdulásából és ebből pedig a meridiális áramlást. Eredményük szerint ez a „futószalag”, amely a mágneses elemeket szállítja a pólusok felé, a naptevékenységi minimum idején (1996) gyors, 11,5 m/s sebességű, a maximum (2000) idején lelassul 8,5 m/s-ra, majd az elhúzó minimum idején ismét felgyorsul 13 m/s-ra (2. és 3. ábra). A kutatók szerint ez a gyorsabb áramlás bizonyos dinamóelméletekben okozhatja a megfigyelt gyengébb poláris mágneses tereket, ezáltal a mélyebb minimumot, míg másfajta dinamóelméleteknek ellentmond. Mindenesetre a végleges következtetésekkel jó lesz megvárni még egy-két további ciklusra vonatkozó eredményeket is.

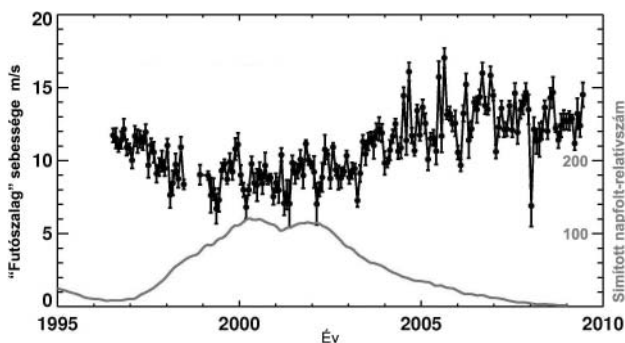
Az említett cikk mellékes eredménye, hogy a Nap forgástengelyének a hajlását is sikerült pontosabban megmérni. Az űreszközök hosszú mérési sorozatai lehetővé teszik a földi légkör 1 ívmásodperc körüli véletlenszerű torzításaitól való megszabadulást, és ezáltal az asztrometriai mérések jóval nagyobb pontosságát. A SOHO-MDI méréseknél a Nap forgásából származó nagyon nagy látóirányú sebesség-ingadozások egyszerűen figyelembe vehetők, ha ismerjük a forgástengely pontos helyzetét. Ehhez tudni kellett a SOHO csillagérzékelőjének a hibáját, amely a távcső által közvetített kép koordinátáit rögzíti az égi irányokhoz és a Nap forgástengelyének



2. ábra. A „futószalag” vázlata, amely a napfoltcsoportok mágneses terének maradványait a poláris vidékre szállítja, és a Nap általános mágneses terét megfordítja. A fekete vonalak a mágneses erővonalakat jelzik, a „mag” a tényleges mag és a merev testként forgó sugárzási zóna, a konvektív zónában működik a futószalag (NASA).

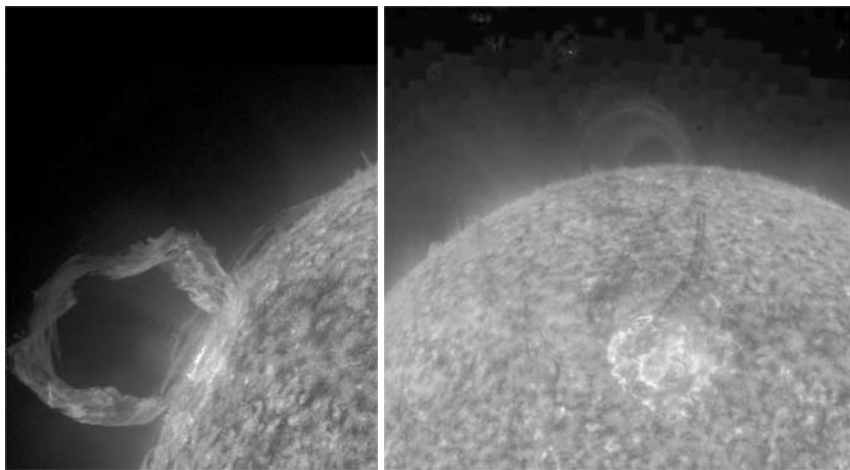
a hajlását az ekliptika síkjához húzott merőlegeshez. Ezt a szöveget Carrington 1863-ban megjelent könyve 7,25 foknak írja, és azóta ezzel az értékkel számolják a heliografikus koordinátákat. Néhány évtizede már fölmerült, hogy ez az érték valójában valamivel kisebb, de a mérések még nem voltak annyira meggyőzőek, hogy a „hivatalos” koordináta-rendszer megváltozzon. Hathaway és Rightmire méréseiből egyértelművé vált, hogy a Nap forgásából származó éves sebesség-ingadozás akkor tűnik el a mérésekből, ha egyrészt a csillagérzékelő nullpontját 0,21 fokkal elmozdítják, másrészt pedig a Nap forgástengelyének hajlását 0,08 fokkal kisebbnek, 7,17 foknak veszik. Mivel ezek a mérések már elég határozottan mutatják az eddig elfogadottól való eltérést, várhatóan a Nemzetközi Csillagászati Unió is megváltoztatja a heliografikus koordináta-rendszert.

A Nappal kapcsolatos másik asztrometria eredmény a Nap lapultságának minden eddiginél pontosabb mérése. Ez szintén a Science hasábjain jelent meg 2008. október 24-én, a RHESSI adatainak alapján. Ez a műhold a Napból jövő nagyenergiájú (röntgen-, gamma-) sugárzásokat méri, lehetőség szerint nagy szögfelbontással. Mivel a gammasugárzást leképező optika nem létezik, ezért az érzékelő előtt elhelyezett árnyékoló maszkok és a távcső forgatása miatt bekövetkező intenzitásváltozás segítségével állapítják meg a pontos helyet a Napon, ahonnan a sugárzás érkezik. A távcső forgástengelyének pontosan a napkorong középpontjára kell mutatnia, ezt 3 érzékelő méri másodpercenként 16-szor, a távcsővel együtt forogva. A 2002 februárja óta folyamatos mérések óriási statisztikai anyagot adnak a Nap alakjának pontos megállapítására. A Nap lapultsága fontos kérdés, mivel lassú forgása miatt csak nagyon kicsi lehet, elméleti-

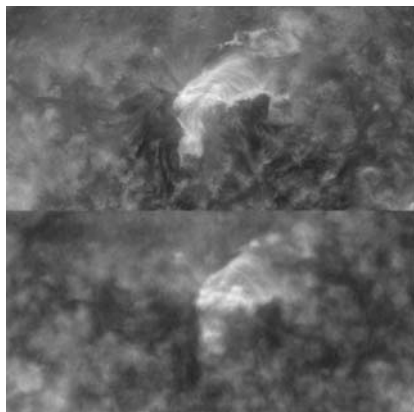


3. ábra. A futószalag sebességének változása a naptevékenységi ciklussal. Látható, hogy a maximum idején a sebessége csökken, a minimumra megnő, de ez a változás nem annyira drámai az előző minimumhoz képest (NASA, D. Hathaway).

leg 7,8 ezred ívmásodperc lehet a sarki és az egyenlítői sugár különbsége, ami 0,001%-nak felel meg. Ha a mérések ennél nagyobb értéket adnak, még a relativitáselmélet is kérdésessé válhat, mert egyik lényeges bizonyítéka, a Merkúr anomális perihélium-mozgásának magyarázata érvényét veszti. Ezért volt nagy felzúdulás a fizikában R. H. Dicke 1960-as mérései után, amikor lényegesen nagyobb értéket kapott a Nap lapultságára. A nehézségek lényege az, hogy az alakmérés fényesség-ingadozások mérésére van visszavezetve, a Nap viszont egyenetlen fényességű, különösen, ha nagyobb az aktivitás. A RHESSI méréseiben is azonnal látható, hogy az egyenlítő környékén nagyobb sugarat mér, még akkor is, ha kifejezett aktív vidékek nincsenek is arra. Szerencsére van egy lehetőség a mérések javítására, a SOHO EIT ibolyántúli mérésein fényesen jelenik meg az aktivitás, a fotoszferikus mágneses tér helye. A RHESSI másodpercenkénti körülbelül 100 átmérőmérése különböző pozíciószögekben olyan óriási mérési anyag, amelyből nyugodtan ki lehet hagyni a valamilyen ok miatt gyanús méréseket. A méréssorozatból eleve kihagyták a jól látható napfoltcsoportok környékét, az így előfeldolgozott adatsor  $10,77 \pm 0,44$  ezred ívmásodperc lapultságot ad, ami nagyobb az elméleti értéknél. Ezután a kutatók elkezdtek szigorítani az adatkiválasztást, a SOHO ibolyántúli



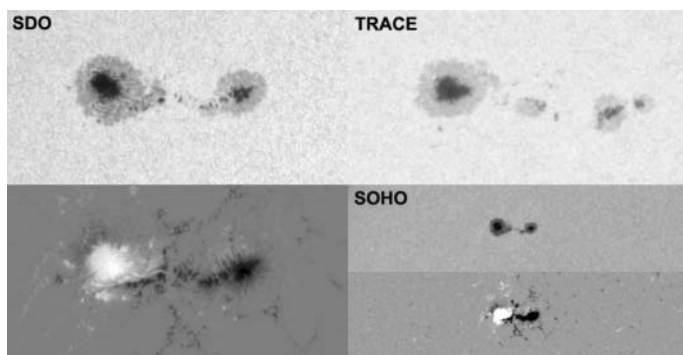
5. ábra. A 4. (színes mellékletben közölt) ábrán látható protuberancia részletes képe baloldalt az SDO, jobboldalt a STEREO-B valamivel későbbi – mindkettő 2010. március 30-i – felvételén az ionizált hélium fényében. Mivel a protuberancia a keleti, beforduló oldalon volt, a STEREO-B pedig már majdnem 90 fokra volt lemaradva az Földtől ebben az időben, a STEREO-B számára a korong közepén látszott. Így jól lehet tanulmányozni a protuberanciák és a napkorona térbeli szerkezetét (NASA).



6. ábra. A megfigyelési technika fejlődése 15 év alatt: ugyanaz a hurokrendszer egy kis fler után 2010. április 8-án 7 óra UT tájban fent az SDO AIA, lent a SOHO EIT műszerével fényképezve. Jól látható a felbontás négyszereződése és a különböző hőmérsékletű részek jobb elkülönítése (NASA, ESA).

képein mért fényesség egyre kisebb értéke feletti részek kihagyásával, az adatsor egyre kisebb részével, közben gondosan ellenőrizve a statisztikai hiba változását. Azt tapasztalták, hogy a mért lapultság exponenciálisan csökken az egyre szigorúbban kiválasztott adatmennyiség csökkenésével, és közeledik az elméleti értékhez. Exponenciális görbét illesztve az adatokhoz, meghatározták azt az értéket, amihez tart a mért adat, ez  $8,01 \pm 0,14$  ezred ívmásodperc a leginkább megbízható adatsoporból meghatározva, ami az összes mérés 15%-át tartalmazza. Ez már nagyon közel van a forgásból várható értékhez, ami a differenciális rotáció miatt amúgysem számítható ki teljesen pontosan.

A NASA „Együttélne egy csillaggal” (*Living with a Star*, LWS) programjának legfontosabb űrszondája, a Solar Dynamics Observatory (SDO) 2010. február 11-én 15:23:10-kor világidőben indult el pályájára, hogy szemmel tartsa az egyre aktívabb Napot. Az eddig is fent keringő jelentős űreszköz-flotta egy nagyon ügyes új taggal egészült ki, amely az eddigi tapasztalatok figyelembevételével, de a lehetőségeket lényegesen bővítve végzi megfigyeléseit. Különleges a pályája, a Föld körül kering, geoszinkron, de nem geostacionárius pályán: keringési szögsebessége megegyezik a Föld forgási szögsebességével, de pályahajlása nem nulla, hanem 28,5 fok, és a 102 fok nyugati hosszúsági kör (odaesik az USA Új-Mexikó állama) fölött fog észak-déli irányban ingadozni. Új-Mexikóban két 18 méter átmérőjű parabolaantenna csak az SDO jeleinek vételével lesz elfoglalva. A pálya kiválasztását az a hatalmas adatfolyam indokolta, amelyet az SDO produkál. Naponta 1,5 Tb adatot semmilyen fedélzeti memória nem lenne képes tárolni későbbi lejátszásra, nem is beszélve az adattovábbítás sebességéről, ezért kell állandóan a vevőantennák látókörében lennie a műholdnak. Az SDO folyamatosan 3/4 másodpercenként készít egy-egy  $4096 \times 4096$  képpontból álló napképet a színek különböző tartományaiiban (4. ábra a színes melléklet III. oldalán, valamint az 5–7. ábrák). Összehasonlításképpen, a full-HD televízió felbontása csak  $1920 \times 1080$  képpont.



7. ábra. A megfigyelési technika fejlődése 10–15 év alatt: Az SDO HMI felvétele egy kisebb napfoltcsoportról 2010 márciusának utolsó napjaiban, összehasonlítva a TRACE és a SOHO MDI felvételeivel. Látható, hogy a képek felbontása a TRACE és az SDO esetében hasonló, csak a TRACE mindössze a napkorong egy kis részét fényképezi, és nem méri a mágneses teret. A SOHO MDI teljes korongot fényképez, és mágneses teret is mér, de a felbontása csak negyede az SDO-nak (NASA, ESA).

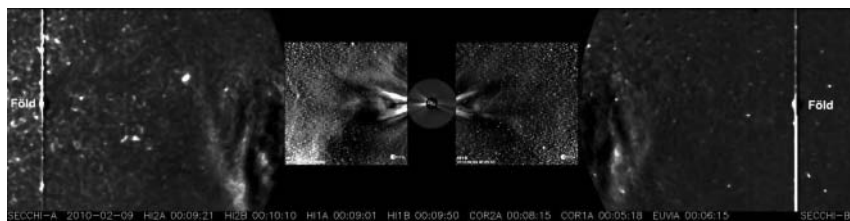
Az SDO három fő műszere a SOHO, a TRACE és a STEREO tapasztalatait összegzi. A 290 kg tömegű együttesből az EVE (Extrém-Ibolyántúli Váltakozékonyosság) új konstrukció, a 0,1–105 nm hullámhosszú extrém ibolyántúli színeképtartomány változásait figyeli, az eddigi legjobb műszernél harmincszor jobb időbeli felbontással (20 s) és hetvenszer jobb színképi felbontással (0,1 nm). E színeképtartományban a Nap jelentősen változik a naptevékenységgel, ami befolyásolja a Föld felsőlégkörét. A Helioszeizmikus Mágneses Képkalkáló (HMI) műszer a SOHO MDI javított kiadása, nagyon bonyolult optikai rendszer, az MDI által is vizsgált nikkelszínképvonal profiljának 5 helyén készít különböző polarizáltságú képeket, amelyekből később a Földön számítják ki a mágnesestér-vektort és a látóirányú sebességet. A SOHO-tól eltérő földi feldolgozás lehetővé teszi részletesebb számítások elvégzését és a mérések utólagos javításait is. Ezenkívül a képek felbontása négyszer jobb, a SOHO 1024×1024 képpontos helyett 4096×4096 képpontos CCD-kamera működik, amely 90 másodpercenként képes egy vektor-magnetogramot készíteni. A harmadik műszer a Légköri Leképező Rendszer (AIA), amely a TRACE távcsövének tökéletesítése. A TRACE-ben egy távcső négy negyede készítette a különböző hullámsávokban a képeket, az AIA 4 távcsövet használ, amelyek mindegyike 2 hullámsávban működik, kivéve a 3. számút, amelynek egyik fele 3 sávot észlel a látható és közeli-ibolyántúli színeképtartományból. A hagyományosnak számító 4 ibolyántúli színképvonal mellett, amelyeket a



SOHO, TRACE és STEREO megfigyel, az SDO 4 új színeképvonal fényében is készít  $4096 \times 4096$  képpontos képeket, így a napkorona 0,8 és 20 millió fok közötti tartományait figyelheti meg, a fotoszférával és kromoszférával együtt. Egyszerre 4 teljes kép készülhet, 10 másodpercenként, de ha csak kisebb területet olvasnak ki a CCD-ről, az gyakrabban is elvégezhető. Végül soron az SDO a TRACE felbontásával figyelheti meg az egész napkorongot, a SOHO-nál kétszer több hullámhosszon. Az AIA új hullámhosszainak szemléltetésére új színeket találtak ki a kutatók, és sokkal gyakrabban alkalmazzák a különböző hullámhosszak színes keverését a napkorona bemutatására.

Az SDO felbocsátása jól sikerült, két hónap alatt pályáját is elérte, és a műszereket is sikerült feléleszteni: 2010. április közepén mutatta be a NASA az első látványos képeket. Ebbe a Nap is besegített, az aktivitás március-áprilisban elég észrevehető volt, több szép protuberanciával. Igazi nagy flerek nem voltak ekkor, de egy nagy protuberanciát megvádolt a sajtó az Intelsat Galaxy 15 távközlési műhold április 5-i elrontásával, amiben szegény protuberancia ártatlan volt (és különben is április 16-án figyelték meg), csak éppen nagyon látványos volt. Az új naptevékenységi ciklus első komolyabb flerjei 2010 februárjában voltak, két nagyobb, az új ciklushoz tartozó foltcsoportban: 8-án egy M6,4 nagyságú a NOAA 11045 foltcsoportban, 12-én egy M8,6-os a NOAA 11046-ban (8. ábra). Ezek valóban már a nagyobbak közé tartoztak.

A naptevékenység a februári emelkedés után májusra ismét lecsökkent, 12 napig megint nem volt megfigyelhető napfolt. Ezért az SDO első felvételein a protuberanciák mellett a koronalyukak fejlődése és a koronakitör-



8. ábra. A szövegben említett 2010. február 8-i flerből kiinduló koronakitörés (CME) képei, amint a Föld felé halad, a két STEREO űrszonda képein. Mivel a két űrszonda ez időben már majdnem 90 fokkal volt a Föld előtt, ill. mögött, a Föld felé haladó plazmafelhő jól látható. A képen közepén alig látható korong a Nap, körülötte a koronográf látómezeje, majd a SECCHI műszer két kamerájának egyre nagyobb látómezeje, a két szélén a Földet is magában foglalva (a CCD telítődése miatti csíkkal). Balra a STEREO-A képei, amelyek a Föld előtt halad, jobbra a STEREO-B felvételei, amely 90 fokkal le van már maradva a Földtől, mindkét űrszonda képein jól látható a fényes CME (NASA).

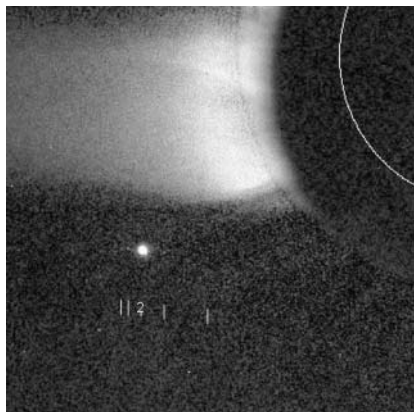
rések (CME-k) kezdeti szakaszainak megfigyelése volt különösen érdekes, mivel a sok hullámhossz a napkorona jóval szélesebb hőmérséklet-tartományát fogja át. Mire ez a cikk megjelenik, a Napon remélhetőleg már jócskán elszaporodnak a foltok, és az SDO minden műszere jó adatokat szolgáltat róluk.

A többi, már régóta működő űrszonda is folytatta megfigyeléseit, a két STEREO lassan már majdnem 90 fokkal jár a Föld előtt, illetve után, így a Föld felé irányuló CME-k megfigyelésére ideális helyzetben vannak. A Napot és környezetét alaposan szemmel tartja a NASA, így az iPhone tulajdonosoknak létrehoztak egy alkalmazást, amely letölthető a <http://3dsun.org> internetcímről, és valós időben, körbeforgathatóan, nagyíthatóan ábrázolja a Nap felszínének pillanatnyi állapotát a SOHO és a STEREO képei alapján. Másik érdekes internetcím a <http://zooniverse.org/home>, amelyen több tudományos programba segíthetnek be otthoni számítógépükkel az érdeklődők. Szupernóvák felfedezése, extragalaxisok osztályozása és kölcsönható galaxisok vizsgálata mellett a STEREO űrszondák megfigyeléseiben lehet (Solar Stormwatch címszó alatt) koronakitöréseket keresni és sebességüket meghatározni. A napfigyelő űrszondák folytatták a Kreutz-féle napsúroló (és a Napba belehulló) üstökösök megfigyelését is, már három különböző nézőpontból (a SOHO és a két STEREO szondával) egyidejűleg is készültek képek. 2009. január elején rövid idő alatt egymás után 7 Kreutz-üstökös hullt a Napba, egy nagyobb darab törmelékei (9. és 10. ábra).

A földfelszíni megfigyelők is aktívak voltak az elmúlt években, a korábbi adatokat analizálva. Fontos kérdés volt, amit egyes megfigyelők látni és kimutatni véltek, hogy a napfoltumbrák kontrasztja (tehát sötétsége) és mágneses terük erőssége az évek folyamán csökken. Egyesek ezzel hozták kap-



9. ábra. Három űrszonda (SOHO, STEREO-A, -B) közös megfigyelései egy, 2010. január 3-án a Napba zuhant Kreutz-üstökösről (NASA-ESA).



10. ábra. A STEREO műszerei annyira érzékenyek, hogy a Jupiter Galilei-holdjai is láthatók a koronográf felvételein. A felvétel 2009. március 15-én készült a STEREO-B koronográfjával (COR-1), amikor a Jupiter áthaladt látómezéjén (NASA).

csolatba a hosszú napfoltminimumot, és attól tartottak, hogy a napfoltok végleg eltűnnek néhány évtizeden belül. A Solar Physics folyóiratban közölt új vizsgálat szerint ettől nem kell tartani. A Kitt Peak Observatórium két kutatója, T. A. Schad és M. J. Penn 11 évre kiterjedő anyagot vizsgált meg, az obszervatórium rendszeres napi magnetogramjait, amelyen 12 967 napfoltumbra volt található. A statisztikai vizsgálatok megmutatták az ismert összefüggéseket, miszerint a nagyobb umbrák sötétebbek és mágneses terük erősebb, de a napciklus folyamán mind az umbrák nagyságának eloszlásfüggvénye, mind pedig az említett összefüggések változatlanok maradtak, tehát nem volt megfigyelhető hosszú távú változás.

A technika fejlődése, különösen a számítógépek teljesítményének a növekedése mind a műveleti sebesség, mind a tárolókapacitás terén, drámai módon segíti a tudományos kutatásokat. Érdekes görbét közölt nemrég M. Aschwanden a NASA ADS adatbázisa alapján: a Nap kutatásával foglalkozó tudományos közlemények számának (összesen 27 500) eloszlását nézte meg 1900 és 2006 közt. 1950-ig ez meglehetősen pontosan 50 volt évente, azóta azonban egyenletesen nő, évente 13-mal több. Maga az ADS adatbázis is egy példája a számítógépes hálózat és a növekvő tárolási kapacitás értelmes felhasználásának. Már a SOHO által közvetített adatmennyiség feldolgozása-felhasználása is időnként nehéz volt a kutatóknak (ezért maradt például az üstökösök felfedezése az amatőrökre), az SDO napi 1,5 Tb adatfolyama csakis automata feldolgozással lesz emészthető. A számítógépek fejlődése a szimulációk tökéletesedésén is lemérhető. A magnetohidrodinamika egyenleteinek bonyolultsága miatt a Nap légköri képződményeinek a modellezése csakis numerikus számításokkal kivitelezhető, ezeknél azonban nagyon fontos a felbontás, a cellaméret. A napfoltokban a penumbraszálak mérete 100 km, a granuláció 1000 km, a napfolt maga 10 000, a konvektív zóna pedig 100 000 km nagyságrendű. Egy valóságnak megfelelő szimulációhoz mindezek a méretek hozzátar-

toznak, amihez óriási számítókapacitás szükséges. A granuláció valóság-hű modellezése már évtizedek óta megoldott, de egy, a valóságoshoz többé-kevésbé hasonló napfoltot, penumbrával együtt, csak mostanában sikerült számítógépen modellezni a német Max-Planck-Institut kutatóinak (11. ábra a színes melléklet IV. oldalán). A flerek modellezése még nehezebb, mivel ott még kisebb, néhány kilométeres struktúrák játszanak fontos szerepet. Mindenesetre az új műszerek szállítják az adatokat, a Hinode méréseiből már sikerült kimutatni a penumbrában hullámzó mágneseserővonal-csőveket. Remélhetőleg a naptevékenység is hamarosan fokozódik, és az adatbázisok tovább növekednek a napfoltok és a mágneses tér egyéb megnyilvánulásainak megfigyeléseivel, a tudományos folyóiratok pedig a megfigyelések értelmezésével.

KOVÁCS JÓZSEF

## „Theoria motus corporum coelestium...”

### Kisbolygók pályáinak és pályaperturbációinak számítása a 19. század elején

A Csillagászat Nemzetközi Évében sok jeles, széles körben ismert csillagásztörténeti eseményre emlékezhetünk. 2009-ben azonban néhány, valószínűleg csak szakmai körökben nyilvántartott, de a csillagászat egyetemes történetében mégis fontos eseménynek is kerek évfordulója volt. 1809-ben jelent meg például Karl Friedrich Gauss (1777–1855) *Theoria motus corporum coelestium...* című munkája (Gauss, 1809), amelyben a matematikusok fejedelme az égitestek pályaszámításával kapcsolatos új módszerének leírását adja. Az eljárás alapján végzett számítások vezettek 1801 decemberében a nem egészen egy évvel korábban megpillantott, de szem elől veszített Ceres kisbolygó<sup>1</sup> megtalálásához. Az évforduló kapcsán röviden összefoglaljuk az első aszteroida felfedezésének sok tekintetben regényes történetét, illetve – természetesen a matematikai részletek mellőzésével – a pályaszámítással kapcsolatos legfontosabb tudnivalókat, köztük Gauss módszerének lényegét. Végül szintén röviden kitérünk az első aszteroidák pályáiban a Naprendszer nagybolygói, főleg a Jupiter és a Szaturnusz gravitációs hatására bekövetkező perturbációkkal foglalkozó korai munkákra is. Kisbolygókról lévén szó, természetesen meg kell emlékeznünk Kulin Györgyről (1905–1989), a magyar amatőrcsillagászati mozgalom atyjáról is, akinek nevéhez számos aszteroida felfedezése fűződik, s 2009-ben halálának 20. évfordulóján emlékezhetünk rá.

### A hiányzó bolygó problémája

A természettudományok történetének talán egyik legfontosabb munkája Nicolaus Copernicusknak (1473–1543) nem sokkal halála előtt, 1543-ban kiadott *De revolutionibus orbium coelestium* című műve, ami nemcsak azért jelentős, mert a Földet a középpontba helyező addigi világgép helyett a

<sup>1</sup> A Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) 2006-ban meghozott döntése értelmében a Ceres az úgynevezett törpebolygók újonnan felállított osztályába tartozik a Plútóval és még néhány, a Naprendszer szélén keringő nagyobb égitesttel egyetemben. Hasonló besorolást kaphat majd esetleg a Vesta, a Pallas és a Hygiea is, ha bebizonyosodik róluk, hogy alakjukat a hidrosztatikai egyensúly határozza meg. A kisbolygó elnevezést az IAU hivatalos célokra nem használja, azt a „Naprendszer kis égitestjei” (small solar system bodies) megjelöléssel helyettesítette.

napközéppontúra tért át, hanem azért is, mert a ptolemaioszihoz képest a Naprendszernek egy jóval egyszerűbb, mégis jobban működő modelljét vázolta fel.

Copernicus munkájának megjelenése után azonban viszonylag hamar észrevették, hogy az új modellben valami gond van a Mars és a Jupiter között, ott megtörik a bolygók szabályosnak látszó sora. A fiatal Johannes Kepler (1571–1630) egyik első munkájában (*Mysterium cosmographicum*, 1596) fel is teszi a kérdést, hogy a Teremtőt vajon mi motiválhatta a bolygópályák aktuális méretének megválasztásában. A Mars és a Jupiter közti zavaró hézagot kiküszöbölendő el is helyezte oda egy, szerinte a mérete miatt nem látható bolygót. A probléma azonban ezzel még nem oldódott meg, mivel a Jupiter és a hipotetikus bolygó pályaméretének aránya nagyobb lett, mint a Szaturnusz és a Jupiter pályáinak hasonló aránya. A következő évtizedek során különböző dinamikai magyarázatok, illetve spekulációk láttak napvilágot a kérdéssel kapcsolatban. Isaac Newton (1643–1727) szerint az üres zóna óvja meg a belső bolygókat a Jupiter és a Szaturnusz gravitációs hatásától, de hasonlóan látta a probléma megoldását Immanuel Kant (1724–1804) is a 18. század közepén.

Mivel a Szaturnuszig bezárólag az összes nagybolygót ősidők óta ismerték, s közben egyetlen újat sem fedeztek fel, ezek a spekulatív magyarázatok természetesen nem voltak teljesen elválaszthatók azon feltevésektől, hogy az ismerteken kívül esetleg még további bolygók léteznek a Naprendszerben, talán a Merkúr pályáján belül, de sokkal valószínűbb, hogy inkább a Szaturnuszon túl. Sok szerző – például William Whiston (1667–1752) vagy Thomas Wright (1711–1786) – a *Merkúr–Vénusz–Föld–Mars–Jupiter–Szaturnusz* sorra mint az „ismert bolygók” listájára hivatkozott, jelezve meggyőződését, hogy a Napnak ennél több kísérője van.

## A Titius–Bode-szabály

A bolygópályák méretének, illetve ezek egymáshoz való viszonyának első matematikai reprezentációja David Gregory (1659–1708) angol matematikus és Christian Wolff (1679–1754) német filozófus munkáiban tűnt fel. A Nap és a Szaturnusz közti távolságot 100 egyenlő részre osztva azt találták, hogy ezen a skálán a Merkúr naptávolsága 4 egység, a Vénuszé  $4 + 3 = 7$ , a Földé  $4 + 6 = 10$ , a Marsé  $4 + 12 = 16$ , a Jupiteré  $4 + 48 = 52$ , a Szaturnuszé pedig  $4 + 96 = 100$ , jól illeszkedően a valódi pályaméretekhez. A sorral egyetlen probléma volt csak: a  $4 + 24 = 28$  értéknek megfelelő helyen, a Mars és a Jupiter között nem volt bolygó!

Charles Bonnet (1720–1793) francia természetfilozófus 1764-ben publikálta *Contemplation de la Nature* című munkáját, amelyet több nyelvre is gyorsan lefordítottak. A német változatot Johann Daniel Tietz (1729–1796), ismertebb nevén Titius porosz csillagász és fizikus készítette el. Azt a részt azonban, ahol Bonnet az ismert bolygók számáról és a távcsövek javulásával továbbiak felfedezésének lehetőségéről ír, Titius kiegészítette saját változtatásával a bolygópályák méretének arányairól. Ez felkeltette a fiatal Johann Elert Bode (1747–1826), a Berliini Obszervatórium későbbi igazgatójának figyelmét is. Bode meg volt győződve arról, hogy létezik egy ilyen szabály, s lábjegyzetként beillesztette *Anleitungen zur Kenntniss des gestirnten Himmels* című munkájának 1772-es második kiadásába. Ezzel elkezdődött a ma Titius–Bode-szabályként ismert formula karrierje, amelynek modern megfogalmazása:

$$a = 0,4 + 0,3 \cdot 2^k, \text{ ahol } k = -\infty, 0, 1, 2, 3, 4, 5,$$

$a$  pedig a bolygók pályájának fél nagytengelye csillagászati egységben (a Nap–Föld közepes távolsága 1 CSE) kifejezve. A formula széles körben akkor vált ismertté és elfogadottá, amikor William Herschel (1738–1822) 1781-ben felfedezte az Uránuszt, s annak 19,2 CSE naptávolsága jól egyezett a szabályból a  $k = 6$ -ra adódó 19,6 CSE értékkel.<sup>2</sup>

## Bolygóvadászok

Bode érdeklődése és tekintélye, illetve az Uránusz illeszkedése a sorba újra életre keltette azokat a vélekedéseket, hogy léteznie kell egy bolygónak a Mars és a Jupiter között is, valahol 2,8 CSE-nél. A hiányzó bolygó egyik legeltökéltebb keresője Franz Xaver von Zach (Zách János Ferenc, 1754–1832), a szász-gothai herceg udvari csillagásza, a Seeberg Obszervatórium igazgatója volt. Nevéhez fűződik az első csillagászati periodikák, az *Astronomische und Geographische Ephemeriden* és a *Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde* (MC) megindítása. Zach gyorsan felismerte, hogy eredményre csak a módszeres keresés vezethet. Mivel a nagybolygók pályái nagyon közel vannak az ekliptikához, ezért összeállított egy katalógust az állatöv csillagairól, ami távcsövének határ-

<sup>2</sup> A Titius–Bode-szabály a felállításától óta vita tárgya. Hasonló formulák esetleges fizikai – dinamikai – hátterének vizsgálata a bolygórendszerek kialakulási folyamatainak kutatása keretében ma is számos szakcikk témája, illetve lásd még Petrovay Kristóf: A Naprendszer keletkezése című cikkét (*Meteor Csillagászati évkönyv* 2008).

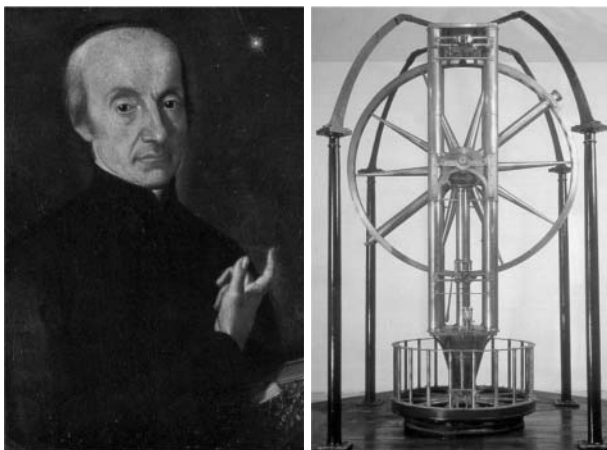
magnitúdójához viszonyítva elég pontos volt ahhoz, hogy segítségével bármely új, addig ismeretlen objektumot ki tudjon szűrni.

Eredménytelensége okán azonban arra is rájött, hogy a siker reményében csak egy csoport állhat neki az óriási munkának, ezért 1800 szeptemberében útra kelt, hogy kollégáit megnyerje a feladatnak. 1800. szeptember 21-én a Brémához közeli Lilienthalban meg is alakult az úgynevezett *Lilienthal Society*, amelynek tagjai Ferdinand Adolf von Ende (1760–1817), Heinrich Wilhelm Olbers (1758–1840), Johann Gildemeister (1753–1837), Johann Hieronymus Schröter (1745–1816), Karl Ludwig Harding (1765–1834), s természetesen Zach maga voltak. Az állatövet 24 zónára osztották, amelyek az ekliptikától északra és délre is 8-8 foknyira terjedtek. Ezek közül mindenki sorshúzással kapott egyet-egyet. Mivel csak hatan voltak, ezért az együttműködésbe 18 további csillagászt – Bode és Herschel mellett például Friedrich Theodor von Schubert (1758–1825), Johann Karl Burckhardt (1773–1825), Pierre François André Méchain (1744–1804), Charles Messier (1730–1817) – is bevontak. A társaság később inkább *égi rendőrség* (Himmels Polizei, Celestial Police) néven vált ismertté. A munkában azonban nem mindenki vett részt aktívan, s olyan – a későbbiek fényében – furcsának ható dolgok is megestek, hogy Barnaba Oriani (1752–1832), a Milánói Obszervatórium igazgatóját Zach csak 1801 májusában, tehát jóval a Ceres felfedezése után kérte fel a közreműködésre, míg Piazzí felkérése csak indirekt volt, őt Orianin keresztül invitálta a csoportba.

## A Ceres felfedezése

Talán a sors fintora, hogy a történet első felvonásának főszereplője végül az lett, akire a bolygóvadász csoport első körben tehát egyáltalán nem is gondolt. Giuseppe Piazzí (1746–1826) az észak-itáliai Ponte in Valtellinában született a környék egyik leggazdagabb családjának kilencedik gyermekeként. Testvérei közül a legtöbb még gyerekkorában meghalt. Ő 19 évesen a hagyományt követve egyházi pályára lépett. 1770 és 1780 között filozófiát és matematikát tanított több itáliai városban, többek között Rómában, Genovában és Ravennában. 1781-ben kinevezték az újonnan alapított palermói akadémia matematika tanszékének élére, s még ugyanabban az évben az új csillagvizsgáló építésének felügyeletével is megbízták. Nem sokkal később azonban elhagyta Palermót, s európai körútra indult, amelynek során hosszabb időt töltött Párizsban és Londonban, a kor legfontosabb csillagászati centrumaiban. Közben szoros kapcsolatba





1. ábra. Giuseppe Piazzi és a palermói obszervatórium meridiántávcsőve.

került a legnevesebb csillagászokkal, közülük elég csak Joseph Jerome de Lalande (1732–1807), Messier, Nevil Maskelyne (1732–1811), illetve Herschel nevét említenünk. Természetesen nem feledkezett meg új obszervatóriumáról sem, s a kor híres műszertervező és -építő mesterétől, Jesse Ramsdentől (1735–1800) új műszereket rendelt a későbbi munkához. Tudományos programként a 7,5 cm-es meridiántávcsővel (későbbi nevén Palermo Circle, 1. ábra) Francis Wollaston (1731–1815) csillagkatalógusának pontosítását tervezte. A század végére Piazzi különleges helyzetbe került, lévén a legdélebbi európai obszervatórium igazgatója, aki kitűnő műszerekkel kiváló időjárási körülmények között végezhetette a csillagászati megfigyeléseket.

Mit sem tudva a Zach-féle csoport tevékenységéről, 1801. január 1-jén Piazzi számára a legfontosabb dolog az volt, hogy az éjszaka kitűnőnek ígérkezett a katalógushoz szükséges észlelésekhez. Teleszkópjával éppen a Bika csillagképben vizsgált egy területet, hogy nyomára akadjon egy Wollaston által Mayer 87 jelzéssel listázott, de Tobias Mayer (1723–1762) állatövi katalógusában nem található csillagnak, mikor az új század egyik legfontosabb felfedezését tette. 20 óra 43 perckor egy halvány fénypontot vett észre, amelynek pozíciójánál a katalógusban nem szerepelt objektum. Másnap újra megpillantotta, s azt tapasztalta, hogy előző napi helyzetéhez képest északnyugat felé mozdult el, körülbelül 4 ívperccel. Tovább követve az objektum mozgását, éjszakáról éjszakára gondosan feljegyezte pozícióját. Január 4-én már meggyőződése volt, hogy egy új naprendszer-

beli objektumot talált, valószínűleg egy üstököst. A különös csak az volt, hogy pontszerűnek látszott, mozgása pedig lassú és egyenletes volt, ami általában nem jellemző az üstökösökre. Az objektum január 11-ig nyugat felé haladt, ekkor megfordult, s keleti irányba kezdett mozogni.

Piazzi érezhette felfedezése jelentőségét, ugyanis azt szinte rögtön jelezte Lalande-nak, a Párizsi Obszervatórium igazgatójának írt levélben. Senki sem tudja, miért, de több mint három hétig nem küldött azonban levelet Bode, a Berliini Obszervatórium igazgatója és a *Berliner Astronomisches Jahrbuch* (BAJ) szerkesztője számára. Ez csak január 24-én, 14 teljes éjszakányi megfigyelési adat birtokában történt meg. Ebben a levélben azonban csak kevés információt közöl, mindössze a felfedezés tényét, a január 1-jei és 23-i pozíciókat, a forduló január 11-i időpontját és azt, hogy érzése szerint egyértelműen üstökösről van szó. Érdekes, hogy barátjának, Orianinak – további észleléseket és pályaszámítást is ígérve – azt írta, hogy „valami üstökösnél jobbat” talált, s jóval több információval látta el, mint Bodét. Nem világos, hogy mi volt a célja Bode „félrevezetésével” az objektum vélt természetét illetően, talán csak tesztelni akarta a reakcióját.

Az első megpillantást követő 41 napon keresztül Piazzini minden derült éjszakán mérte az új objektum pozícióját. Az azonban éjszakáról éjszakára egyre később jelent meg az égbolton, február 11-re pedig a meridiánátmenet nappalra csúszott át, így Piazzini kénytelen volt abbahagyni<sup>3</sup> az objektum követését, praktikusán a nyomát vesztette. Eddig az időpontig a mindössze 9 fokos ívet befutó égitest 24 pozícióját mérte meg.

Február végén Lalande a *Journal de Paris* című újságban is olvasta, hogy Palermóban új üstököst fedeztek fel, s azonnal írt Piazzinak, kérve az észlelési eredményeket. Piazzini kényelmetlen helyzetbe került, hiszen nem tagadhatta meg a híres csillagász, barát és a Kilenc Nővér (Les Neuf Sœurs) páholy nagymesterének kérését, lévén maga is szabadkőműves, így április 11-én elküldte az adatokat.

Sajnos Piazzini január 24-én keltezett levelét Bode csak jóval később, március 20-án kapta meg. Azonnal további információkat és pozícióadatokat kért Piazzitól. Április 14-én tájékoztatta Zachot Piazzini felfedezéséről, április 16-án pedig a porosz akadémia ülésén is bejelentette az eseményt, azt hangoztatva, hogy ez a Mars és a Jupiter közötti, régóta keresett bolygó. Május 4-én kelt válaszában Zach egyetértett Bode ezen véleményével, s tudatta vele, hogy szintén ez a véleménye Orianinak is, aki Piazzini levelét

<sup>3</sup> A szerzők általában Piazzini betegségét is említik a megfigyelések abbahagyásának egyik okaként. Emellett még egy prózaibb okot is meg kell említenünk: a meridiántávcső háza okozta egyszerű mechanikai korlátot.

**Beobachtungen des zu Palermo d. 1 Jan. 1801 von Prof. Piazzi neu entdeckten Geſtirns.**

1801	Mittlere Sonnen- Zeit	Gerade Aufſteig. in Zeit	Gerade Reigung in Grad	Nördl. Abweich.	Geocentri- ſche Länge	Geocent. Breite	Ort der Sonne + 20" Aberration	Logar. d. Distanz ☉ δ
Jan.	1 3 43 17.8	3 27 11.25	51 47 48.8	15 37 43.5	1 23 22 58.3	3 6 42.1	9 11 1 30.9	9.9926156
	2 8 39 4.6	3 26 53.85	51 43 27.8	15 41 5.5	1 23 19 44.3	3 2 24.9	9 12 2 28.6	9.9926317
	3 8 34 53.3	3 26 38.4	51 39 36.0	15 44 31.6	1 23 16 58.6	2 58 9.9	9 13 3 26.6	9.9926324
	4 8 30 42.1	3 26 23.15	51 35 47.3	15 47 57.6	1 23 14 15.5	2 53 55.6	9 14 4 24.9	9.9926418
	10 8 6 15.8	3 25 32.1	51 28 1.5	16 10 32.0	1 23 7 59.1	2 29 0.6	9 20 10 17.5	9.9927641
	11 8 2 17.5	3 25 29.73	51 22 26.0	16 12 26.0	1 23 10 37.6	2 16 59.7	9 23 12 13.8	9.9928490
	13 7 50 34.7	3 25 31.72	51 22 55.8	16 27 5.7	1 23 12 1.2	2 12 56.7	9 24 14 13.5	9.9928509
	17			16 40 13.0				
	18 7 35 11.3	3 25 55.5	51 28 45.0	16 49 16.1	1 23 25 59.2	1 53 38.2	9 29 19 53.8	9.9930607
	19 7 31 38.5	3 26 8.15	51 32 4.3	16 49 16.1	1 23 34 21.3	1 46 6.0	10 1 20 40.3	9.9931434
	21 7 24 2.7	3 26 34.27	51 38 34.1	16 58 38.9	1 23 39 1.8	1 42 28.1	10 2 21 32.0	9.9931886
	22 7 20 21.7	3 26 49.42	51 42 24.3	17 3 18.5	1 23 44 15.7	1 38 52.1	10 3 32 22.7	9.9932348
	23 7 16 43.5	3 27 6.90	51 46 43.5	17 8 5.5	1 24 15 16.7	1 21 6.9	10 8 26 20.1	9.9935062
	26 6 58 51.3	3 28 54.55	52 3 38.3	17 32 54.1	1 24 30 9.0	14 16.0	10 10 27 46.2	9.9936332
	30 6 51 32.9	3 29 48.14	52 27 1.7	17 43 11.0	1 24 38 7.1	10 54.6	10 11 28 28.5	9.9937007
	31 6 48 45.4	3 30 17.25	52 34 18.8	17 48 21.5	1 24 54 57.9	4 13.5	10 12 29 9.6	9.9937703
Febr.	1 6 44 59.9	3 30 47.21	52 41 48.0	17 53 36.5	1 25 22 45.4	54 28.9	10 13 29 49.9	9.9938423
	2 6 41 35.8	3 31 19.06	52 49 45.9	17 58 57.5	1 25 22 45.4	54 28.9	10 16 31 45.5	9.9940751
	5 6 31 31.5	3 33 2.70	53 15 40.5	18 15 1.0	1 25 33 29.4	50 43.5	10 19 33 33.3	9.9943276
	8 6 21 39.2	3 34 58.50	53 44 37.5	18 31 23.2	1 26 26 40.0	0 36 2.9	10 22 35 11.4	9.9945823
	11 6 11 58.2	3 37 6.54	54 16 38.1	18 47 58.8				

280 Monat. Corresp. 1801. SEPTEMBER.

2. ábra. A Ceres Piazz által mért pozíciói az MC 1801. szeptemberi kötetében.

még Bodénál is később, csak április 5-én vette kézhez. Április végére a Bode és Lalande által informált német és francia lapoknak köszönhetően a felfedezés széles publicitást kapott, s az elvesztett objektumot számos csillagász (Bode, Zach, Oriani, s valószínűleg Olbers is Brémában) kereste napnyugtá után a nyugati égbolton. A kor vezető csillagásza számos, egymásnak írott levélben kritizálták Piazzit az észlelési adatok visszatartása miatt, ami az égitest szem elől tévesztéséhez vezetett. A növekvő nyomás hatására Piazz beadta a derekát, s az MC szeptemberi kötetében Zach végre közölhette a pozícióadatokat várva várt teljes listáját (2. ábra).

Annak ellenére, hogy az új objektumot egyelőre csak egy észlelő látta, nem feledkeztek meg az elnevezéséről sem, de ez a kérdés erősen megosztotta a csillagásztársadalmat. Végül azonban megegyezés született, s Piazz eredeti javaslatát (Ceres Ferdinandea) lerövidítve az égitest Szicília védőszentje után a *Ceres* nevet kapta.

## Pályaszámítás

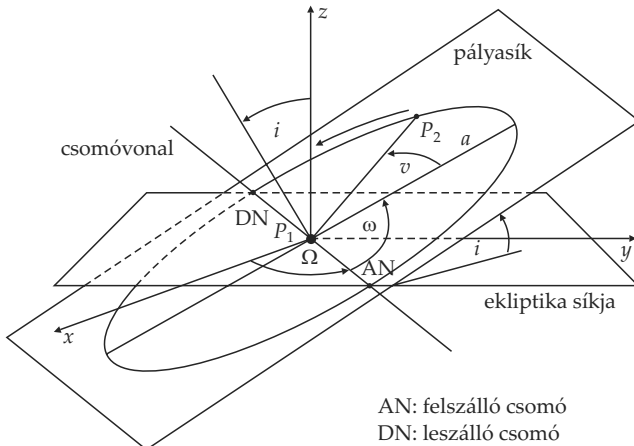
Az elvesztett égitest megtalálásához vezető út felvázolásához röviden össze kell foglalnunk az égitestek mozgásának leírásához szükséges tudnivalókat. A tárgyalás alapjául a kéttestprobléma és az ezen alapuló pályaelemek szolgálnak.

## A kéttestprobléma és a pályaelemek

Az égi mechanika egyik alapfeladata két pontszerűnek tekinthető test egymás gravitációs hatására történő mozgásának vizsgálata, az úgynevezett *kéttestprobléma*. Viszonylagos egyszerűsége miatt ez a feladat jó kiindulási pont a bonyolultabb problémák, például a perturbációk vizsgálatához is.

Két pontszerű,  $m_1$  és  $m_2$  tömegű testnek csak a kölcsönös gravitációs hatásra történő mozgása a helyvektorokra vonatkozó két másodrendű differenciálegyenlettel írható le. Ezeket derékszögű koordinátákban kiírva 6 másodrendű egyenlethez jutunk, amelyek megoldásához – kezdeti feltételként – 12 független állandó szükséges. Kimutatható, hogy két egymást követő koordináta-transzformáció eredményeként a kéttestprobléma megoldása ekvivalens lesz az úgynevezett *egycentrum-probléma* megoldásával, amely megadja, hogyan mozog egy egységnyi tömegű test egy  $m_1 + m_2$  tömegű test gravitációs hatására. Ezen kérdés megválaszolása szintén 6, de már csak elsőrendű differenciálegyenletből álló rendszer megoldását követeli, ehhez pedig szintén szükségünk van 6 állandóra. Mivel az impulzusnyomaték-vektor konstans, a mozgás síkban zajlik, így a problémát célszerű inkább síkbeli polárkoordinátákban vizsgálni. Végeredményben azt kapjuk, hogy a mozgás pályája kúpszelet – ellipszis, parabola vagy hiperbola – lesz (*Kepler-pálya*), amelynek (egyik) fókuszában van az  $m_1 + m_2$  tömegű test. Mivel a Naprendszerben főleg elliptikus pályák fordulnak elő, a továbbiakban ezekre összpontosítunk.

Ha egy Nap körül keringő égitest mozgását akarjuk jellemezni a kéttestprobléma keretein belül, akkor egyrészt meg kell adni az objektum helyzetét a pályája mentén, másrészt meg kell adni a pályaellipszisnek és síkjának adott irányokhoz viszonyított elhelyezkedését. Ez hat *pályaelem* segítségével történik (3. ábra). Két paraméter határozza meg a pálya méretét és alakját, ezek a *fél nagytengely* ( $a$ ) és az *excentricitás* ( $e$ ). Az *inklináció* ( $i$ ) és a *felszálló csomó hossza* ( $\Omega$ ) a pályasík elhelyezkedését adja meg egy alapsíkhoz, illetve egy abban kijelölt alapirányhoz képest. Az alapsík az *eekliptika* síkja, ebben kering a Föld a Nap körül, az alapirány pedig az úgynevezett *tavaszpont*, az ekliptika és az égi egyenlítő egyik metszéspontja. A pályaellipszis az ekliptika síkját két pontban metszi, ezek a *felszálló* és a *leszálló csomó*, az őket összekötő egyenes pedig a *csomóvonal*. A *perihélium argumentuma* ( $\omega$ ) pályaelem azt mutatja meg, hogy a pályaellipszis hogyan helyezkedik el a pályasíkban, a nagytengely mekkora szöget zár be a csomóvonallal. A hatodik pályaelem a *perihéliumátmenet időpontja* ( $\tau$ ). Használatos még a *valódi anomália* ( $v$ ), ami az égitest pálya menti helyzetét adja meg egy adott időpontban. Az excentricitás helyett az úgynevezett *perihéliumtávolság* is használható.



3. ábra. A kéttestprobléma pályaelemei.

Speciális esetekben a felsoroltak némelyike a problémához jobban illeszkedő pályaelemmel helyettesíthető. Az  $M = n(t - \tau)$  az úgynevezett *középanomália*, ahol  $n$  a *középmozgás* fok/nap egységeiben. Egy tetszőleges  $t_0$  időpontra az  $M = n(t - t_0) + M_0$  alakban írható, ahol  $M_0$  a  $t_0$  *epochához tartozó középanomália*. Ha a pálya excentricitása kicsi, akkor  $\tau$  helyett érdemes inkább az  $M_0$ -t használni. Néha a perihélium argumentumát az  $\omega$  és  $\Omega$  összegével helyettesítik, amelynek a neve a *perihélium hosszúsága*, jelölése pedig  $\pi$ . Ha kicsi a pályahajlás, a  $\pi$  jobban használható, mint az  $\omega$ . Az égitest alapiránytól, azaz a tavaszponttól mért távolsága a  $w = \pi + v$  *valódi pálya menti hosszúság*, míg  $\lambda = \pi + M$  a *közepes pálya menti hosszúság*. Ez utóbbi két mennyiség használata azért praktikus, mert a referenciapontjuk független a pályától. Vezessük be az  $\epsilon$  jelölést a  $\lambda t = t_0$ -beli értékére, ekkor  $\lambda = \epsilon + nt$  ( $\epsilon$  a *közepes pálya menti hosszúság* a  $t_0$  *epochában*). Kis excentricitás és pályahajlás – például a Naprendszer nagybolygói – esetén célszerű az  $\epsilon$  használata.

A kéttestprobléma megoldásához tehát 12 konstans szükséges, de ezek közül 6 a tömegközéppont mozgásával kapcsolatos, így a pálya meghatározása közben nem kell velük foglalkozni. A maradék 6 konstans pedig maga a hat pályaelem. Ezek két csoportba sorolhatók, három a pálya orientációját adja meg, míg három a méretét, alakját és az égitest pillanatnyi pálya menti helyzetét. Érdemes még megjegyezni, hogy az égi mechanikában – éppen Gauss javaslatára – egy speciális egységrendszert használnak, amelyben a tömeg egysége a Nap tömege, a távolságé a csillagá-

szati egység, míg az idő egysége az úgynevezett *középnap*. Ha az  $1/k = 58,13244\dots$  középnapot használjuk időegységnek, ahol  $k = 0,01720209895$  a *Gauss-konstans*, akkor ebben az egységrendszerben a gravitációs állandó 1. Kisbolygók pályaszámításánál éppen ez az egységrendszer az elterjedt.

### A pályaszámítás alapelvei

Az égi mechanika egyik feladata az égitestek pozíciójának előrejelzése a pályaelemek alapján. Nem kevésbé fontos az inverz probléma sem: észlelési adatok, az égitest bizonyos számú pozíciójának ismeretében határozzuk meg a pályáját, azaz számítsuk ki a pályaelemeket. Ahogyan az előbbiekben láttuk, a kéttestprobléma keretében az égitest pályája 6 független pályaelemmel jellemezhető, amelyek meghatározásához 6 független észlelési adat szükséges. Megadhatjuk például az  $r(x, y, z)$  helyvektort és az  $\dot{r}(\dot{x}, \dot{y}, \dot{z})$  sebességvektort egy meghatározott időpontra. A két vektor 3-3 komponense nyilván 6 független adatot jelent, ezek ráadásul a Newton-féle mozgásegyenletek klasszikus kezdőfeltételei. Ilyen „direkt” információk azonban általában nem állnak rendelkezésre az észlelésekből. Ezek során ugyanis az égitest éggömbre vetített pozícióját rögzítjük az észlelés idejével egyetemben. Egy pozíciómérés két független szögkoordinátát szolgáltat, az  $\alpha$  rektaszencziót és a  $\delta$  deklinációt, azaz 3 pozíció megfigyelése szükséges a 6 adat előállításához:  $(\alpha_i, \delta_i)$ ,  $i = 1, 2, 3$ . Ha lehetőségünk van az égitest látóirányú, úgynevezett radiális sebességét mérni, akkor két pozíció- és két sebességmérés is szolgáltatja a 6 konstans. Mivel minden mérés hibákkal terhelt, amelyek a származtatott pályaelemek hibáiban is megjelennek, ezért a gyakorlatban a pályaszámítást általában sok észlelés alapján végzik, hogy a végső pályaelemek hibáit a lehető legkisebbre csökkentsék.

Az észlelt pozíciókat jellemző két szögadat és a keresett pályaelemek közti kapcsolat a következő alakban írható:  $\alpha_i = \alpha_i(c_1, c_2, \dots, c_6, t_i)$ ,  $\delta_i = \delta_i(c_1, c_2, \dots, c_6, t_i)$  ahol  $t_i$  az  $i$ -edik észlelés időpontja, a  $c_1, c_2, \dots, c_6$  pedig a kéttestprobléma konstansai. A fenti egyenletek azt jelentik, hogy ha a hat pályaelem ismert, akkor az égitest éggömbön elfoglalt pozíciója az idő függvényeként meghatározható. Ha az egyenletrendszer Jacobi-determinánsa nem nulla, akkor elméletileg az inverz probléma is megoldható, azaz meghatározhatók a pályaelemek a koordináták és az idő függvényeként:  $c_j = c_j(\alpha_1, \delta_1, t_1, \alpha_2, \delta_2, t_2, \alpha_3, \delta_3, t_3)$ ,  $j = 1, 2, \dots, 6$ . A pályaszámítás fő célja ezen inverz transzformáció megtalálása. Sajnos ez zárt alakban nem adható meg, ezért a megoldás során iterációs eljárást kell alkalmazni. Mivel a  $c_j$  értékekről általában előzetes információ nem áll rendelkezésre, mindenképpen szükség van egy első közelítésre, ami aztán a további lépésekben javítható.

A klasszikus pályaszámítás a fentebb vázoltak alapján a következőképpen zajlik. Tegyük fel, hogy a vizsgált objektumról  $n$  pozícióadat áll rendelkezésünkre. Először határozzuk meg azt a Kepler-pályát, ami legjobban illeszkedik ezen adatokhoz. Természetesen nincs olyan pálya, ami minden észlelési adatra pontosan illeszkedik, egyrészt azok hibái miatt, másrészt azért, mert az objektum valódi mozgása a többi égitest zavaró hatása – *perturbációja* – miatt sokkal bonyolultabb görbe, ezért csak a legjobban illeszkedő pálya meghatározására törekedhetünk. Az így kapott paraméterek az úgynevezett *oszkuláló pályaelemek*, amelyek csak korlátozott ideig írják le jól az égitest pályáját. Az eljárás két részre bontható: (1) Számítsuk ki egy *előzetes pálya* paramétereit a lehető legkevesebb adatból, például három különböző időpontban mért pozícióból. (2) Ha további észlelési adatok is rendelkezésünkre állnak, a legkisebb négyzetek módszerével módosítsuk ezen előzetes pálya paramétereit úgy, hogy a kapott pálya minden pozícióhoz a lehető legjobban illeszkedjen. A második lépés az úgynevezett *differenciális korrekciók* módszere.

Főleg Newton, Lagrange, Laplace, Olbers és Gauss munkáinak köszönhetően több klasszikus pályaszámítási módszer is létezik. Ezek az eljárások tükrözik a korszak matematikai lehetőségeit, de az észlelési szokásokat – éjszakánként általában egy észlelés – is. A 19. és 20. században számos új módszer született, mindig igazodva az adott kor lehetőségeihez. Ezek alapján a Gauss és a Laplace által kidolgozott eljárások szolgáltak. Az előbbi mentén haladók közül Johann Franz Encke (1791–1865), Peter Andreas Hansen (1795–1874), Friedrich Tietjen (1834–1895) és Theodor von Oppolzer (1841–1886) nevét kell megemlítenünk, míg a másik vonalejes képviselői közé Antoine-Joseph Yvon Villarceau (1813–1883), Paul Harzer (1857–1932), Armin Otto Leuschner (1868–1953) és Yrjö Väisälä (1891–1971) tartoznak. A 20. század második felében a számítógépeknek köszönhetően a feladatot már egyértelműen a numerikus módszerek uralják. A pályaszámítási módszerek részleteiről német és angol nyelven például Oppolzer (1882), Cohn (1918), Bauschinger (1928), Crawford (1930), Escobal (1965) és Danby (1992) munkáiból, magyarul pedig Érdi Bálint egyetemi tankönyvéből (Érdi, 1996) tájékozódhatunk.

A Gauss munkája előtti idők legelterjedtebb pályaszámítási módszere a Laplace-féle eljárás volt. A módszer lényege, hogy a mozgásegyenleteket a Földtől az objektumhoz mutató vektorral írja fel, s külön kezeli ezen vektor nagyságát és irányszögeit. Az eljárás a három észlelés közül az első és a harmadikat használja az égitest geocentrikus helyvektora első és második deriváltjának meghatározásához, amelyekkel a heliocentrikus hely- és a sebességvektor középső időpontbeli értékei nyerhetők, ezek

komponensei pedig a pályaelemek meghatározásához használhatóak. A Laplace-módszernek több hátránya is van. Ha a pozícióadatok egymáshoz túl közeliek, azaz a pályáivnek csak egy kicsiny részét észleltük, a pályaelemek nagyon pontatlanok lesznek. Ha az égitestet egymástól túl távoli pozíciókban észleltük, az eljárás során alkalmazott Taylor-sorfejtések érvényessége válhat kérdésessé. A módszerre általában igaz, hogy a kapott pálya csak a középső pozícióra illeszkedik pontosan, a két szélsőnél már nagy lehet az eltérés.

## Az első pályaszámítási próbálkozások

Május 30-án Bode kézhez kapta Piazzzi második, április 30-án kelt levelét, amelyben Piazzzi közölte, hogy az adatokat elküldte Lalande-nak, de egyéb információval nem szolgált. Az MC júniusi kötetében Zach részletes összefoglalót írt az új égitesttel kapcsolatban addig ismertté vált tényekről (Zach, 1801), s közölte a pályára vonatkozó első számításait is. Mivel a kör alakúnak feltételezett pálya fél nagytengelyére és keringési periódusára kapott  $a \approx 3,1$  CSE és  $P \approx 5,4$  év értékek nagyon hasonlóak voltak az 1770-ben felfedezett Lexell-üstökös pályájának paramétereire, Zach felvetette, hogy Piazzzi talán csak ennek az üstökösnek a visszatérését figyelte meg.

A Piazzzitól származó, s Bode által Lalande-nak elküldött, május 31-én kézhez vett pozícióadatok alapján Lalande fiatal és tehetséges kollégája, Johann Karl Burckhardt június közepén szintén kiszámolt egy körpályát, amelynek paraméterei  $r = 2,74$  CSE,  $i = 11^\circ 21'$ ,  $\Omega = 2. \text{ Z. } 20^\circ 15'$ <sup>4</sup> és  $P = 4,5$  év voltak (Burckhardt, 1801a), illetve egy parabolikus pályát is az  $i = 9^\circ 41'$ ,  $\Omega = 2. \text{ Z. } 20^\circ 50'$  paraméterekkel (Burckhardt, 1801b). Három nappal később a Laplace-féle pályaszámítási módszert használva öt pozícióadat alapján Burckhardt – elsőként – meghatározott egy elliptikus pályát is a  $\log a = 0,4106586$ ,  $e = 0,0364$ ,  $i = 10^\circ 47'$ ,  $\Omega = 2. \text{ Z. } 20^\circ 58' 30''$ ,  $\mu = 859,05''$ ,  $P = 4,13$  év paraméterekkel<sup>5</sup> (Burckhardt, 1801c). Az általa kapott excentricitás azonban messze áll a ténylegestől. Közben Brémában Olbers is kiszámolt egy körpályát Piazzzi január 1-jei első és február 11-i utolsó pozíció-

<sup>4</sup> A korai munkákban az  $\Omega$  pályaelem megadásánál egy szögérték előtt az 1. Z., 2. Z., 3. Z., 4. Z. jelzést tüntették fel. Az  $i$ . Z.  $\Omega$  jelölés az  $(i-1) \cdot 60^\circ + \Omega$  értéket takarta, ahol  $i = 1, 2, 3, 4$  lehet. Például az  $\Omega = 2. \text{ Z. } 20^\circ 15'$  valójában  $\Omega = 80^\circ 15'$ -et jelent. A Z a német *Zeichen* szóra utal.

<sup>5</sup> A korabeli munkákban a szögmásodpercekben megadott középmozgást  $\mu$ -vel jelölték. A középmozgásnak ma használatos jelölése  $n$ .



adata alapján, ennek paraméterei az  $r = 2,730185$ ,  $i = 11^{\circ}03'36''$ ,  $\Omega = 2$ . Z.  $20^{\circ}22'45''$ ,  $\mu = 786,528''$ ,  $P = 1647,75$  nap voltak (Olbers, 1804). Természetesen maga Piazzsi is próbálkozott a pályaszámítással. A Bodénak írt, augusztus 1-jén kelt levelében (Piazzsi, 1804) – amelyet a címzett csak szeptember 25-én kapott kézhez – azt írja, hogy először parabolikus pályát próbált számolni, de nem járt sikerrel. Ezután kísérletet tett egy elliptikus pálya meghatározására is, de az észlelt ív túl rövid volt a kellő pontosságú illesztéshez. Végül az Olbers által is használt pozíciók alapján egy körpályát sikerült kiszámolnia az  $r = 2,6862$ ,  $i = 10^{\circ}51'12''$ ,  $\Omega = 2$ . Z.  $20^{\circ}46'48''$ ,  $\mu = 795,937''$ ,  $P = 1628,27$  nap pályaelemekkel.

Láttuk tehát, hogy 1801 őszének elejére több szerző próbálkozott olyan pálya kiszámításával, amelynek paraméterei alapján az elveszett égitest esetleg újra megtalálható. A kapott pályaelemeken alapuló előrejelzések azonban nagyon pontatlanok voltak, s a jósolt pozíciók egy öt fokos – a keresés szempontjából nagyon hosszú – ív mentén helyezkedtek el az égen. Bonyolította a helyzetet Európa kedvezőtlen őszi időjárása is. Ebben a szituációban tette le 1801 októberében csillagászati névjegyét Karl Friedrich Gauss, akinek a matematika számos területén addig elért eredményei már széles körben ismertek voltak.

## Gauss új pályaszámítási módszere

Gauss jelentős módosítása a Laplace-féle módszerhez képest a következő. Eljárása során ahelyett, hogy a hely- és sebességvektort határozta volna meg a  $t_2$  (tehát a középső) időpontban, a helyvektorokat adta meg a két szélső, azaz a  $t_1$  és  $t_3$  időpontokban. A két vektor hat komponense szintén alkalmas a hat pályaelem meghatározására, s bár a módszer bonyolultabb, mint a Laplace-féle, de nagyon elegáns, s megvan az az előnye, hogy a kapott pálya két észlelésre illeszkedik pontosan, az eltérések pedig mind a középső pontban jelentkeznek.

1801 októberében Gauss (4. ábra) alkalmazta új módszerét Piazzsi észlelési adataira, amelyeket Zachtól kapott meg. Először a január 2-i, a január 22-i és a február 11-i pozíciókat használta, amelyekből a következő pályaelemeket határozta meg:  $a = 2,74226$ ,  $e = 0,0832836$ ,  $i = 10^{\circ}32'19''$ ,  $\Omega = 81^{\circ}08'50''$ ,  $\lambda = 77^{\circ}54'29''$ ,  $\mu = 781,355''$ ,  $P = 1658,67$  nap (Gauss, 1801a). Miután az első próbálkozás sikeres volt, az első és a középső pozíciót az egy nappal korábbiakkal helyettesítette, míg az utolsót megtartotta, hogy a teljes észlelt ívet jól lefedje. Az ezekből származtatott pályaelemek csak kissé tértek el az első pályaszámítás eredményeitől:  $a = 2,73548$ ,  $e = 0,0705553$ ,  $i = 10^{\circ}36'30''$ ,

$\Omega = 81^{\circ}02'35''$ ,  $\lambda = 76^{\circ}28'14''$ ,  $\mu = 784,25''$ ,  $P = 1652,25$  nap (Gauss, 1801a). Ez utóbbi pályaelemrendszerből visszaszámolt pozíciókat gondosan elemezve Gauss azonban észrevette, hogy Piazzzi öt észlelése kilóg a sorból, s a többihez képest csak nagy hibával illeszkedik a második pályához. Elhagyva őket egy harmadik pályaelemrendszert is meghatározott, a számítások során a maradék pozíciókat pedig arra használta, hogy a legkisebb négyzetek módszerével korrigálja, javítsa a pályaelemek értékeit. Ezzel a módszerrel az eltérések 5 ívmásodperc körüliek, azaz sokkal kisebbek lettek, mint Piazzzinál, akinél elértek az 1 ívpercet is (Gauss, 1801b). Kettő, a január 3-i és a január 13-i a  $10''$  és  $16''$  körüli értékével még mindig sokkal nagyobb volt a többi eltérésnél, ezért Gauss ezeket is elhagyta, s egy negyedik pályaelemrendszert is kiszámolt, amelyben az  $a = 2,767$  és az  $e = 0,0825017$  értékeket kapta (5. ábra).



4. ábra. A fiatal Gauss 1803-ban, két évvel pályaszámítási módszere kidolgozása után.

## Az elveszett égitest megtalálása

Az utolsóként meghatározott pályaelemekből számolt efemeriszeket (a pozícióadatokra vonatkozó előrejelzéseket) Gauss elküldte Zachnak. Ezek a Piazzzi által megjelölt égboltrésznél 8–11 fokkal előrébb jelölték ki az égitest valószínű tartózkodási helyét, azaz messze attól a területtől, ahol addig keresték (Gauss, 1801c). Nagyon valószínű, hogy Zach a Gauss által kiszámolt pozíció alapján már december 8-án megtalálta a Cerest, de az észlelést a rossz időjárás miatt december 18-ig nem tudta megismételni. Ekkor azonban sajnos már nem találta a 10 nappal korábban látott objektumot. Két hét múlva – pontosan egy évvel az égitest első megpillantása után – azonban Zach sikerrel járt, s minden kétséget kizáróan azonosította a Cerest (Zach, 1802). Zach Bodét és Olberst is informálta Gauss számításairól. Ezek alapján Olbers ugyanazon az éjszakán, de természetesen

DETERMINATIO CEBITAE ET TRIEVS OBSERVATIONIBUS COMPLETA. 183

tiam nulla amplius correctione opus habuerunt, adeoque hypothesis nunc superflua esse. Quocirca nunc ad calculum elementarem et  $q'$ ,  $q$ ,  $r$ ,  $p$  progređi licet: qui quoniam operationibus super amplissime iam explicita conditione, elementa ipsa inde resultantia in eorum gradum, qui propriis marte cum exemplis sequunt, hic apponisse sufficit:

Ascensio recta nodi ascendente in sequatore.....  $158^{\circ} 45' 58''$   
 Inclino orbitae ad aequatorem.....  $11^{\circ} 42' 40''$   
 Distantia perihelii a nodo illo ascendente.....  $56^{\circ} 11' 56''$   
 Anomalia media pro epocha 1806.....  $333^{\circ} 45' 05''$   
 Motus medius (sidericus) diurnus.....  $772''$  4669  
 Logarithmus semiaxis maioris.....  $0,4122458$

158.

Duo exempla praecedentia occasione nonnulli suppeditauerunt, methodum art. 120 in vnum vocandi: hypothesis enim successus tam rapide convergunt, ut iam in secunda substitutione lineant, tertique a vniuerso via simpliciter aberrare. Breuiter haec commoda semper fuerunt, quareque hypothesis superaddere potuerunt, quoniam motus heliocentricus medius est, tempore radii vectores non nimis inaequales sunt, praesertim si inaequalitatem intervalla peram inter se discrepant. Quanto magis autem problematis conditiones hinc recedunt, tanto fortius valores primi suppositi quantitas  $P$ ,  $Q$  a vera differunt, tantum locum valores sequentes ad veros convergent. In tali itaque cum tres quidem primae hypothesis ita absolute sunt, ut duo exempla praecedentia monstrant (ex sola differentia, quod in hypothesis tertia non elementa ipsa, sed, perinde ut in hypothesis prima et secunda, quantitates  $q$ ,  $q'$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $X$ ,  $Y$  computare oportet): deinde vniuersum exemplum valores potuerunt ipsarum  $P$ ,  $Q$  tempore valores nonni quantitates  $P$ ,  $Q$  in hypothesis quarte accipiantur, sed et per methodum art. 120 et calculum trium primarum hypothesis eruantur. Ratione tunc, quae art. ad hypothesis quintam secundum praescripta art. 121 progređi. — Jam hoc quoque calculi exemplo illustrabimus, ex quo simul eluceat, quam late methodus nostra pateat.

159.

Ad exemplum tertium aberrationes sequentes Ceresi eligimus, quoniam

LIBR. II. SECT. I.

prima Brouae a clar. Olbers, secunda Göttingae a clar. Harding, tertia Lilienfeldi a clar. Broue instituta est.

Tempus medium loci observationis	Asc. recta	Declin. boreal.
1805 Sept. 5. $13^{\circ} 8' 54''$	$95^{\circ} 59' 55''$	$22^{\circ} 31' 25''$
1806 Jan. 17. $10. 38. 51$	$101^{\circ} 18' 40''$	$30^{\circ} 31' 25''$
1806 Maii 25. $10. 23. 03$	$121^{\circ} 56' 7''$	$28^{\circ} 2' 45''$

Quoniam methodi, per quas parallaxis et aberrationis rationem habere licet, ad distantiam a terra tamquam omnino incognitam spectantur, per duo exempla praecedentia abunde iam illustratae sint: superfluae laboris augmentationi in hoc tertio exemplo renunciamus, distantiasque approximatas et Commercio literario clar. de Zach (Vol. XI p. 284) cum in finem exceperimus, ut observationes ab effectu parallaxis et aberrationis purgentur. Has distantias vna cum reductionibus inde derivatis tabula sequens exhibet:

Distantia Ceres a terra	2,899	1,658	2,964
Tempus, intra quod lumen ad terram descendit	$23^{\circ} 19'$	$15^{\circ} 28'$	$24^{\circ} 21'$
Tempus aberrationis reductum	$12^{\circ} 45' 57''$	$10^{\circ} 43' 33''$	$9^{\circ} 59' 28''$
Tempus sidericum in gradibus	$533^{\circ} 55'$	$97^{\circ} 56'$	$216^{\circ} 31'$
Parallaxis aequationis rectae	$+ 1^{\circ} 40'$	$+ 0^{\circ} 22'$	$- 1^{\circ} 07'$
Parallaxis declinationis	$- 2,08$	$- 1,90$	$- 2,04$

Problemati itaque data, postquam a parallaxis et aberratione liberata, tempore ad meridiem Parisiensem reducta sunt, ita se habent:

	Asc. recta	Declinatio
1805 Sept. 5. $13^{\circ} 19' 44''$	$95^{\circ} 59' 53''$	$22^{\circ} 21' 27''$
1806 Jan. 17. $10. 15. 2$	$101^{\circ} 18' 42,58''$	$30^{\circ} 21' 24,30''$
1806 Maii 25. $9. 33. 18$	$121^{\circ} 56' 8,07''$	$28^{\circ} 2' 45,09''$

Ex his ascensionibus rectis et declinationibus deductae sunt longitudines et latitudines abilitas obliquitate eclipticae  $95^{\circ} 27' 53''$ ,  $101^{\circ} 27' 54''$ ,  $121^{\circ} 57' 55''$ ; deinde longitudines a mutatione purgatae sunt, quae resp. finit  $+ 17^{\circ} 51'$ ,  $+ 17^{\circ} 58'$ ,  $+ 18^{\circ} 00'$ , posteaquod ad initium anni 1806 reductae, applicatae praecorrectione  $+ 15^{\circ} 58'$ ,  $- 2^{\circ} 29'$ ,  $- 10^{\circ} 58'$ . Denique pro temporibus reductis a tabula excerpta sunt loca solis, vbi in longitudinibus mutatio praestantissima, contra praecedentia

5. ábra. Két oldal Gauss 1809-es Theoria motus corporum coelestium... című munkájából. A 159. paragrafus az új módszer Ceresre történő alkalmazásáról szól.

Zachtól függetlenül szintén megtalálta a Ceres (Olbers, 1802a). Az újra felfedezett égitest pozíciója mindössze 15–20 ívperccel tért el a Gauss-féle második pályaelemrendszeren alapuló előrejelzéstől, ékes bizonyosságát adva ezzel az új módszer hatékonyságának.

## A Ceres perturbációinak számítása

A Ceres megtalálása után Gauss újabb pályaszámítást végzett, figyelembe véve az észlelők által szolgáltott új pozícióadatokat is (Gauss, 1805). Gauss, Lalande és mások is azonban már ekkor elkezdtek azon gondolkodni, hogy a nagybolygók – elsősorban a Jupiter és a Szaturnusz – gravitációs hatása hogyan befolyásolja a Ceres pályáját, szakkifejezéssel hogyan perturbálja azt. Ez nagyon fontos, hiszen a pálya egzaktul csak a kéttest-, illetve az egycentrum-probléma keretében elliptikus, konstans pályaelemekkel. Ha a rendszerhez egyéb testeket is adunk, azok gravitációs zavaró hatása a vizsgált testre direkt és indirekt módon is érvényesül, ez pedig abban nyilvánul meg, hogy a pálya nem lesz zárt. A pályaelemek még

ekkor is használhatók, de az ezekkel leírt görbe csak egy korlátozott időtartam alatt közelíti jól a mozgás valódi pályáját. A Ceres pályájának legfontosabb perturbációja amiatt lép fel, hogy a 4,6 év körüli keringési periódusa a Jupiterének  $2/5$  része. Ezt úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a Ceres és a Jupiter  $2:5$  arányú úgynevezett *középmozgás-rezonanciában* állnak egymással, másképpen  $2n - 5n' \approx 0$ , ahol  $n$  a Ceres,  $n'$  pedig a Jupiter középmozgása.

Burckhardt körülbelül  $30'$  értékű perturbációt határozott meg a Ceres közepes pálya menti hosszúságában, s ez alapján új oszkuláló pályaelemeket is kiszámított (Burckhardt, 1805a). A blaubeureni Johann Friedrich Wurm (1760–1833) rögtön azután megpróbálkozott a perturbációszámítással, hogy az MC 1802. februári kötetéből értesült a Ceres megtalálásáról (Wurm, 1802a). Kalkulációit az MC 1801. decemberi kötetében közzétett pályaelemekre alapozta, mivel nem tudott Gauss újabb számításairól. Amint az MC 1802. márciusi kötetével hozzájutott Gauss hetedik pályaelemrendszeréhez, számításai közül néhányat megismételt ezeket a paramétereket használva (Wurm, 1802b). Szintén vizsgálta a Szaturnusz által okozott perturbációkat, s korrekciókat adott a pálya menti hosszúság és a rádiuszvektor értékeihez. Érdekes, hogy megpróbálta a Föld hatását is figyelembe venni, ez azonban elhanyagolhatóan kicsinek bizonyult. Viszonylagos közelsége és tömegének bizonytalansága miatt sokkal érdekesebb volt a Mars hatásának vizsgálata. Wurm azt találta, hogy a Mars tömege csak körülbelül fele a Lagrange és Laplace által használt értéknek. Ennek ellenére Oriani szerint a Mars akár  $2,4''$  perturbációt is okozhat a Ceres közepes pálya menti hosszúságában. Laplace módszere alapján végzett perturbációszámításokat Szentpétervárott Schubert, ezeket 1802. május 2-án mutatta be egy konferencián (Schubert, 1805), míg Orianinak szintén a hetedik pályaelemrendszeren alapuló számításai néhány hónappal később jelentek meg (Oriani, 1802).

Ahogy az Gauss 1802. október 12-én kelt levelében Orianinak írta, a Ceres perturbációira vonatkozó első számításait csak szeptemberben kezdte el, az eredményeket pedig novemberben publikálta (Gauss, 1802a). A számítások során használt analitikus formulákat szintén ő fejlesztette ki, s ezek segítségével nem a pályaelemek perturbációit, hanem a Jupiter által a Ceres polárkoordinátaiban okozott zavarokat számolta ki (Gauss, 1906d, úgynevezett „első módszer”). Az Olbershez 1802. december 21-én írt levele alapján a kiszámolt perturbációkat valamikor decemberben foglalta táblázatos formába, s küldte el Zachnak az MC-ben történő publikálásra (Gauss, 1802b).

Természetesen felmerül a kérdés, hogy miért nem foglalkozott Gauss 1802 szeptembere előtt a Ceres perturbációinak számolásával. Érdekes magyarázattal szolgál erre a kisbolygók pályaszámításának egyik vezető kutatója, Brian Marsden. Szerinte manapság a perturbációelméletek és az ezeken alapuló számítások sokkal bonyolultabbak egy perturbálatlan pálya pályaelemeinek meghatározásánál, ellentétben a 19. század első éveivel, amikor sok csillagász és matematikus volt képes a Laplace-féle perturbációelméleten alapuló lépéseket végigszámolni, de csak egyetlen ember, Gauss tudta a legkisebb négyzetek módszerével a Ceres összes megfigyelésére legjobban illeszkedő pálya paramétereit meghatározni (Marsden, 1977).

Gausst egy másik, de még mindig a pályaszámítással kapcsolatos ok is akadályozta a Ceres perturbációszámításában. 1802. március 28-án Olbers egy újabb furcsa, később a *Pallas* névre keresztelt csillagszerű objektumot fedezett fel nem messze a Ceres pozíciójától (Olbers, 1802b). Az azonnali riasztásnak köszönhetően más csillagászok is hamar megkezdhatték az új égitest észlelését. Északi irányú gyors mozgásából nyilvánvaló volt, hogy pályahajlása jóval nagyobb, mint a Ceres és a többi ismert bolygó pályájának inklinációja. Olbers egy kör- és egy parabolikus pályát is kiszámolt, de ezek egyike sem adta vissza kielégítően az észlelt pozícióadatokat, viszont mindkettő jelezte a nagy excentricitást és pályahajlást. Az Olbers, Zach, Burckhardt és Méchain észlelésein alapuló első sikeres pályaszámítás szintén Gauss nevéhez fűződik (Gauss, 1802c). A pálya mérete az  $a \approx 2,7$  CSE körüli fél nagytengellyel hasonló volt a Cereséhez, az  $e \approx 0,22$  excentricitás és az  $i \approx 34^\circ$  pályahajlás azonban sokkal nagyobb volt a Ceres megfelelő értékeinél. Burckhardt az április 4. és május 20. közötti pozícióadatokra alapozva a Laplace-módszerrel szintén kiszámolt egy pályát, s három április/májusi időpontra megadta az égitest polárkoordinátáinak perturbációit is (Burckhardt, 1805b). A következő néhány hónapban Gauss a Pallas pályaelemeinek javításával foglalkozott, ezeket az MC és a BAJ köteteiben publikálta.

Mivel a Ceres perturbációinak kiszámítására kidolgozott első módszerét Gauss nem találta kielégítőnek, 1805-ben egy második eljárást is kifejlesztett. Az interpolációs módszerek területén elért új eredményeit alkalmazva az úgynevezett perturbációs függvényt Fourier-sorba fejtette (Gauss, 1906e), gyakorlatilag abban a formában megadva, ahogyan aztán azt a 19. században mindvégig használták. A Ceres pályaelemei alapján nem lóg ki a nagybolygók sorából, nem úgy a Pallas, legalábbis az excentricitást és a pályahajlást tekintve. A Pallas esetében ez a tény azonban nagyon megnehezíti a perturbációs sorok kezelését. Gauss az Orianihoz

írt, s már idézett levelében meg is jegyezte, hogy a Pallas perturbációs számítása egészen más megközelítést igényel, mint a Ceres esetében alkalmazott eljárás. Akkor még talán nem is sejtette, hogy a probléma még évekig ellátja munkáival. A feladat nehézségét jelzi, hogy 1804-ben a Párizsi Akadémia díjat (egy nagy aranymedál) is kitűzött a Pallas perturbációit tárgyaló megfelelő elmélet kidolgozásáért. Az első határidő 1806 volt, de a kiírók kénytelenek voltak azt folyamatosan meghosszabbítani, mivel sem Gauss, sem mások nem jutottak előbbre a megoldásban. Tovább hátráltatta ez irányú munkáját a Harding által 1804-ben, illetve az Olbers által 1807-ben felfedezett Juno és Vesta pályaszámításával kapcsolatos tevékenysége is. 1807-ben a Göttingeni Obszervatórium igazgatójává nevezték ki, s ekkor saját maga is elkezdte a kisbolygók észlelését.

A Pallas pályaelemeiben a Jupiter által okozott perturbációk kezelését Gauss végül numerikus úton oldotta meg (Gauss, 1906f). Az úgynevezett perturbációs függvény parciális deriváltjai helyett az erőfüggvény derékszögű komponenseit használta, mert ezek numerikus kiértékelése sokkal könnyebb. 1810 végére az 1803 és 1810 közötti hét oppozíció adatainak figyelembevételével új pályaelemrendszert vezetett le a Pallasra, amelyek már tartalmaztak a Jupitertől származó speciális perturbációkat is (Gauss, 1906b). 1811-ben nekilátott az általános elmélet kifejlesztésének is, amelynek alapján közepes pályaelemeket is levezetett (Gauss, 1906g). Első közelítésben azt találta, hogy a Jupitertől származó legnagyobb perturbáció oka a 2:5 arányú középmozgás-rezonancia. Második közelítésben már figyelembe vette a középmozgások 7:18 arányú rezonanciáját is (Gauss, 1906h). Érdemes megemlíteni, hogy az általa levezetett formulák 800-nál is több tagot tartalmaznak! A számítások melléktermékeként meghatározta a Jupiter tömegét is, amire a ma elfogadotthoz nagyon közel álló értéket kapott. Később, 1816–1817 során korábbi tanítványai, Johann Franz Encke és Friedrich Bernhard Nicolai (1793–1846) közreműködésével táblázatos formában is közölte a Jupitertől, a Szaturnusztól és a Marstól származó perturbációkat (Gauss, 1906i, 1906j, 1906c).

## Kulin György és a kisbolygók pályaszámítása

Zárásként röviden meg kell emlékeznünk a kisbolygóknak, illetve pályaszámításuk kérdéskörének egyik magyar vonatkozásáról, jelesen Kulin György (1905–1989) ez irányú tevékenységéről. Kulin 1939-ben készítette el *A Gauss- és a Väisälä-módszer kritikai összehasonlítása* című doktori értekezését. Utóbbi eljárás a Laplace-módszeren alapul, s a doktori dolgozat

elkészítésekor a legfrissebb pályaszámítási módszer volt, lévén Väisälä közleménye is 1939-ben jelent meg (Väisälä, 1939). A módszerek összehasonlításának eredményeként Kulin azt a konklúziót vonta le, hogy a két eljárás a pontosságot illetően teljesen egyenrangú, s bár a Gauss-módszernek számos gyakorlati előnye van az egyéb eljárásokkal szemben, az új Väisälä-módszer egyrészt egyszerűbb és gyorsabban vezet eredményre, másrészt könnyebben érthető formalizmusa miatt alkalmasabb arra, hogy a kezdők megismerkedhessenek a pályaszámítás problémájával. Kulin az értekezésben új, a Väisälä-módszerhez illeszkedő eljárást ad a bolygótávolságok meghatározására is. A doktori dolgozatot három részre bontva közölte a *Csillagászati Lapok* című, 1938 és 1944 között megjelenő folyóirat is (Kulin 1939a, 1939b, 1940).

## Összegzés

A 18. és 19. század fordulója az égi mechanika történetének egyik legizgalmasabb időszaka, de talán hasonlóan nyilatkozhatunk a matematikát illetően is. Az Uránusz, a Ceres és a Pallas felfedezése briliáns matematikusokat inspirált olyan módszerek kifejlesztésére, amelyek lehetővé tették a Naprendszer mint komplex dinamikai rendszer addiginál sokkal pontosabb leírását. A modern matematika sok területe akkor keletkezett, illetve már léteztek további fejlődése kapott új lendületet. Különösen termékeny módon járult hozzá az égi mechanika fejlődéséhez Karl Friedrich Gauss. Ha belelapozunk a kétszáz éves publikációkba, rendkívül mély benyomást tehet ránk az alkalmazott matematika bonyolultsága, a néha oldalakat megtöltő, több száz tagból álló sorfejtések látványa, amelyeket alkotóik fáradságot nem kímélve mindenféle, ma természetesnek számító elektronikus segítség nélkül írtak fel...

## Irodalom

- Bauschinger, J.: 1928, *Die Bahnbestimmung der Himmelskörper*. Leipzig, W. Engelmann  
 Burckhardt, J.-K.: 1801a, *Monatliche Correspondenz* **4** 59  
 Burckhardt, J.-K.: 1801b, *Monatliche Correspondenz* **4** 60  
 Burckhardt, J.-K.: 1801c, *Monatliche Correspondenz* **4** 61  
 Burckhardt, J.-K.: 1805a, *Berliner Astronomisches Jahrbuch* **30** 96  
 Burckhardt, J.-K.: 1805b, *Berliner Astronomisches Jahrbuch* **30** 181  
 Cohn, F.: 1918, *Vierteljahrsschrift der Astronomische Gesellschaft* **53** 27  
 Crawford, R. T., Leuschner, A. O., Merton, G.: 1930, *Determination of orbits of comets and asteroids*. New York [etc.] McGraw-Hill Book Company Inc., 1<sup>st</sup> ed.  
 Danby, J. M. A.: 1992, *Fundamentals of celestial mechanics*. Willmann-Bell, 2<sup>nd</sup> ed.

- Érdi, B.: 1996, *Égi mechanika*. Egyetemi jegyzet, ELTE
- Escobal, P. R.: 1965, *Methods of orbit determination*. New York, Wiley
- Gauss, K.-F.: 1801a, *Monatliche Correspondenz* **4** 641
- Gauss, K.-F.: 1801b, *Monatliche Correspondenz* **4** 644
- Gauss, K.-F.: 1801c, *Monatliche Correspondenz* **4** 647
- Gauss, K.-F.: 1802a, *Monatliche Correspondenz* **6** 382
- Gauss, K.-F.: 1802b, *Monatliche Correspondenz* **6** 235
- Gauss, K.-F.: 1802c, *Monatliche Correspondenz* **5** 591
- Gauss, K.-F.: 1805, *Berliner Astronomisches Jahrbuch* **30** 94
- Gauss, K.-F.: 1809, *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*. Hamburgi, Sumtibus F. Perthes et I. H. Besser, 1809
- Gauss, K.-F.: 1906a, *Werke* **6** 3
- Gauss, K.-F.: 1906b, *Werke* **7** 483
- Gauss, K.-F.: 1906c, *Werke* **7** 587
- Gauss, K.-F.: 1906d, *Werke* **7** 377
- Gauss, K.-F.: 1906e, *Werke* **7** 407
- Gauss, K.-F.: 1906f, *Werke* **7** 413
- Gauss, K.-F.: 1906g, *Werke* **7** 489
- Gauss, K.-F.: 1906h, *Werke* **7** 529
- Gauss, K.-F.: 1906i, *Werke* **7** 565
- Gauss, K.-F.: 1906j, *Werke* **7** 578
- Kulin, Gy.: 1939a, *Csillagászati Lapok* **2. évf.** 3. szám, 91. o.
- Kulin, Gy.: 1939b, *Csillagászati Lapok* **2. évf.** 4. szám, 139. o.
- Kulin, Gy.: 1940, *Csillagászati Lapok* **3. évf.** 1. szám, 11. o.
- Marsden, B.: 1977, *J. R. Astron. Soc. Can.* **71** 309
- Olbers, H.-W.: 1802a, *Monatliche Correspondenz* **5** 173
- Olbers, H.-W.: 1802b, *Monatliche Correspondenz* **5** 481
- Olbers, H.-W.: 1804, *Berliner Astronomisches Jahrbuch* **29** 256
- Oppolzer, T.: 1882, *Lehrbuch zur Bahnbestimmung der Kometen und Planeten*. Leipzig, W. Engelmann
- Oriani, B.: 1802, *Monatliche Correspondenz* **6** 60
- Piazzi, G.: 1804, *Berliner Astronomisches Jahrbuch* **29** 259
- Schubert, F.-T.: 1805, *Nova Acta Acad. Scientiarum Imperialis Petropolitinae* **14** 714
- Väisälä, Y.: 1939, *Mitteilungen der Sternwarte der Universität Turku* **No. 1**.
- Wurm, J.-F.: 1802a, *Monatliche Correspondenz* **5** 462
- Wurm, J.-F.: 1802a, *Monatliche Correspondenz* **5** 576
- Zach, F.-X.: 1801, *Monatliche Correspondenz* **3** 592
- Zach, F.-X.: 1802, *Monatliche Correspondenz* **5** 172



## BENKŐ JÓZSEF – SZABÓ RÓBERT

### Idősorok az űrből

Az űrcsillagászatnak ma már közel ötvenéves múltja van,<sup>1</sup> mégis csak napjainkban kezdődtek el azok az űrkísérletek, amelyek fotometriai időszakok gyűjtését tűzték ki célul a színkép optikai tartományában. Mi lehet ennek az oka? A legfőbb talán az emberi kíváncsiság. Jól ismert, hogy a földi légkör az elektromágneses sugárzásnak csak egy kis töredékét engedi át az úgynevezett optikai és rádióablakon keresztül. A színkép más részeit a légkör elnyeli, a földi élet óriási szerencséjére. Mindez azt eredményezte, hogy az égboltot évezredek óta az optikai ablakon át szemléljük. Amikor aztán lehetőségünk adódott űreszközökkel csillagászati vizsgálatokat végezni, szerettük volna látni az eget úgy, ahogyan még sohasem: kíváncsiak voltunk az infravörös, ultraibolya, röntgen- és gammaégboltra. Ráadásul a pénzről döntő bizottságokban ülőket is könnyebb volt meggyőzni egy olyan űrtávcső szükségességéről, ami olyan színképtartományt vizsgál, amelyet a Föld felszínéről lehetetlen. Kétségkívül nagyszerű, új felfedezések sora jelzi az így felbocsátott csillagászati űreszközöket, de ez a folyamat vezetett arra, hogy a „jól ismert” optikai tartomány háttérbe szorult.

Nem szabad azonban elfelejtenünk, hogy az Univerzum minden, csak nem egy nyugodt hely. Minden objektuma folyamatosan változik, fejlődik az egész Univerzummal együtt. A csillagászati űreszközök az ismert hullámhossztartományt kibővítették ugyan, de a jelenségek időbeli nyomon követésére egészen egyszerűen nem volt kapacitásuk. Az eddigi csillagászati űreszközök ugyanis nagyjából két csoportra oszthatók: vannak egyrészt az űrobszervatóriumok, másrészt a térképező távcsövek. Az első esetben – hasonlóan a földi nagy nemzetközi obszervatóriumok gyakorlatához – észlelési tervekkel lehet pályázni jellemzően néhány órányi távcsőidőre, és a sikeresen pályázó kutatócsoportok érdekes, egyedi objektumokat, jelensége-

<sup>1</sup> Lásd Szatmáry Károly és Szabados László Űrtávcsövek című cikkét a Meteor csillagászati évkönyv 2009. évi kötetében

ket figyelhetnek meg. Ilyen űrobszervatórium például a sokat emlegetett Hubble-űrtávcső, vagy például a Spitzer infravörös-űrtávcső is. A térképező űrtávcsövek előre megtervezett módon egy adott szempontból az egész eget, vagy annak nagy részét végigmérik (ilyen volt például az IRAS infravörös, vagy a Hipparcos asztrometriai műhold és számos társuk).

A földi körülmények között is elsősorban a csillagok időbeli viselkedésével foglalkozó változócsillagászok fogalmazták meg az igényt, hogy az űrből is kellene csillagászati idősorokat mérni. Milyen előnyei vannak ezeknek? Mivel az űrben nincsen nappal és éjszaka, az idősorok folytonosak és egyenletesen mintavételezettek lehetnek, ami nagyon megkönnyíti az ilyen adatok matematikai elemzését. Továbbá nincsen légkör sem, ami a földi méréseknél a legtöbb gondot okozza, és így a mérések sokkal pontosabbak (kisebb zajúak) lehetnek, mint földi megfelelőik.

Ha egy-egy objektumról alkalmilag, néhány különböző időpontban felvett észlelést nem tekintünk idősornak, akkor az első komolyabb űrfotometriai idősort a Hipparcos asztrometriai mesterséges hold nevéhez köthetjük. Egyből mindjárt kettőt is. Az alapvetően a csillagok pozícióit mérő műhold mintegy 120 000 fényes ( $H_p < 7,3$  mag) csillag fényességét is megmérte 3,5 éves működési időtartama alatt (1989 és 1993 között) mintegy 110 alkalommal. Az így kapott fénygörbék között 11 597 változó fényességű objektumot találtak a kutatók, amelyek közül 8 237 korábban ismeretlen volt. A műhold fő tevékenysége mellett a Tycho-kísérletben több mint 2,5 millió csillagról készített kétszín-fotometriai idősort. Ezek az eredmények a fénygörbék korlátozott pontossága miatt inkább csak jelzés értékűek voltak. Egyfelől megmutatták, hogy még a fényes, nagy amplitúdójú változócsillagok zöme sem volt korábban ismert, másrészt megmutatták az idősoros űrfotometria lehetőségeit.

Viszonylag kevésbé ismert, hogy a Hubble-űrtávcső legfontosabb úgynevezett kulcsprogramja távolabbi galaxisokban található cefeida típusú változócsillagok fénygörbéinek felvétele és ezek segítségével a Hubble-állandó pontosítása volt.<sup>2</sup> Noha ezek a mérések is fotometriai idősorok voltak, a csillagonkénti tucatnyi mérési pont a változócsillagok kutatóinak kevésbé volt izgalmas.

A valódi űrfotometriai kísérleteknek még egy érdekes előzményét említjük itt meg: ez pedig a WIRE (Wide Field Infrared Explorer). A műhold, ahogy neve is mutatja, eredetileg infravörösben végzett volna méréseket, csak hogy a távoli-infravörös mérésekhez még a világűr hidege sem elég hideg. A hűtésért felelős kriosztát pedig a felbocsátás után nem sokkal meg-

<sup>2</sup> Lásd Kolláth Zoltán cikkét a Meteor csillagászati évkönyv 2010. évre szóló kötetében.

hibásodott és a hűtőközeg elillant. Így az egész eszköz használhatatlanná vált, mígnem a projekt egyik munkatársának Derek Buzasinak az az ötlete nem támadt, hogy az űrtávcső navigálására szolgáló kis 5 cm-es segédtávcsővel fényes csillagokról fotometriai idősorokat lehetne mérni. Az ötlet bevált, és 2000-től 2006-ig, amikor is a műhold teljesen felmondta a szolgálatot, 240 szabad szemmel is látható (0 és 6 magnitúdó közötti fényességű) csillagot mért meg a WIRE, némelyeket 5 héten keresztül követett millimagnitúdós mérési pontossággal. Néhány érdekesebb az eredmények közül: Napunk szomszédján, az  $\alpha$  Centaurin, a  $\beta$  Hydrin és a Procyonon sikerült Nap típusú oszcillációkat kimutatni. Tucatnyi vörös óriáscsillagon is találtak ilyeneket, és segítségükkel sikeresen becsülték meg ezen csillagok tömegét. Kiderült, hogy az Altair is változócsillag: a legfényesebb ( $V = 0,8$  mag) ismert  $\delta$  Scuti típusú változó legalább hét különböző periódussal pulzál. Fél százaléknál pontosabb abszolút sugarat és tömeget sikerült meghatározni számos Algol típusú fedési rendszerre (például  $\psi$  Cen, AR Cas,  $\beta$  Aur). A WIRE mérései fontos részét képezték annak a felfedezésnek is, hogy a Polaris, azaz a Sarkcsillag – ami jelenleg nagyon kis fényváltozást mutató cefeida változócsillag – amplitúdója újra növekszik.

Álljon itt pár szó a *Nap típusú oszcillációkról!* Ezeket az oszcillációkat a Napon a konvekció gerjeszti sztochasztikus módon. Kevésbé pontosan fogalmazva: a konvekció fortyogása a körülötte lévő anyagot lökdösve mindenféle hullámhosszúságú hanghullámot gerjeszt. Ezek közül azok maradnak meg és válnak megfigyelhetővé, amelyek a Napnak valamely sajátrezgésével megegyeznek. Egy gázgömbnek, mint amilyen Nap vagy bármely csillag, rengeteg sajátrezgése lehet. Ez az úgynevezett sajátrezgés-spektrum kiszámolható, ha ismerjük az adott csillag felépítését (a sűrűség és hőmérséklet lefutását a sugár mentén, kémiai összetételét stb.). Fordítva, ha a sajátspektrumot mérjük, és összevetjük a számoltakkal, a csillag belső felépítését tapogathatjuk le oly módon, ahogyan a Föld belsejével teszik ezt a földrengések gerjesztette hullámok megfigyelésével a szeizmológusok. A módszert ennek megfelelően *asztroszeizmológiának*, a mért rezgések alapján a csillag szerkezetének kiszámítását pedig *szeizmikus inverciónak* nevezik. Ez a Nap típusú oszcillációk esetében nagy pontossággal lehetséges, és olyan fontos alapparaméterek is meghatározhatók így, mint a csillag tömege, sugara vagy kora, amelyek egyéb módszerekből csak sokkal nagyobb hibával adódnak, ha egyáltalán mérhetők. A pulzáló csillagok egyéb rezgései a jelen pillanatban még nem, vagy csak nagyon korlátozottan alkalmazhatók asztroszeizmológiai célokra, ezért van kiemelt jelentősége annak, ha egy csillagon sikerül ilyen Nap típusú oszcillációkat találni.

## MOST – a kanadai „bőröndteleszkóp”

Kanada első csillagászati mesterséges égitestje az első olyan űreszköz, amit idősorok mérésére terveztek. Neve, a MOST, a **M**icrovariability & **O**scillations of **S**tars, vagy **M**icrovariabilité, **o**scillations **s**tellaires angol, illetve francia kifejezés rövidítése. (A kanadai francia közösség igen kényes arra, hogy a francia nyelv se szoruljon háttérbe...) A jelenleg is működő űreszköz deklarált céljai: a Nap típusú oszcillációkon keresztüli asztroszeizmológia; forró, nagy tömegű csillagok gyors változásainak vizsgálata; valamint csillagukhoz közel keringő bolygók (úgynevezett forró Jupiterek) visszavert fényének kimutatása. A tervezésnél a minél nagyobb megbízhatóságra és minél kisebb költségre törekedtek. A nagy megbízhatóságot szolgálja például, hogy az űrtávcső semmilyen mozgó alkatrészt sem tartalmaz. A kis méret (65×65×30 cm és 60 kg) és az egyszerű felépítés mindkét szempontból előnyös. A műhold fő műszere egy 15 cm átmérőjű Makszutov-teleszkóp, amihez két 1024×1024 pixeles (azaz mindössze 1 megapixeles!) chipet tartalmazó CCD-kamera csatlakozik. Az egyik chippel folyik a tudományos észlelés, míg a másik folyamatosan vezetőcsillagokat mér a pontos irányban tartáshoz. A kamera előtt egy széles sávú színszűrő található, ami a 350–700 nm közötti hullámhosszúságú, nagyjából az optikai tartományt lefedő fényt engedi át. A műholdat 2003. június 30-án állították Föld körüli pályára. A Föld egyenlítőjére majdnem merőleges pályásíkjá, az úgynevezett poláris pályája teszi lehetővé, hogy egy adott területről akár 60 napig folyamatosan gyűjtse az adatokat.

A MOST eredményeiről eddig több mint 50 cikk jelent meg tekintélyes nemzetközi folyóiratokban, a kisebb közleményeket és konferenciakiadványokat nem is számolva. Áttekintésükre nem vállalkozunk itt, mindössze néhány érdekesebb eredményt emelünk ki. Kimutatta a fiatal Naphoz hasonló csillagok ( $\epsilon$  Eri,  $\kappa^1$  Cet) differenciális rotációját, első ízben sikerült fotometriai úton kimutatnia egy vörös óriáscsillagon Nap típusú oszcillációt ( $\epsilon$  Oph). A vizsgált lassan pulzáló B (SPB) csillagok mindegyikéről azt derítette ki, hogy forgási sebességük közel van ahhoz a kritikus értékhez, amikor a forgás már szétszakítja a csillagot. A korábbi irodalmi adatokat megcáfolva felfedezte azt is, hogy a Spica valójában fedési kettős. Több olyan felfedezést is tett, amelynek a jelentőségét csak később értettük meg. Egymás után fedezte fel a korábban igen ritkának számító hibrid pulzátorokat. Ezek olyan csillagok, amelyek egyszerre pulzálnak nyomási (p) és gravitációs (g) módusokban. A CoRoT és még inkább a Kepler eredményei mutatták meg később, hogy

a tiszta pulzáció a ritkább, és majdnem minden korábban (p módusban pulzáló)  $\delta$  Scutinak, illetve (g módusban pulzáló)  $\gamma$  Doradusnak gondolt csillag mindkét módon pulzál. Hasonlóképpen az AQ Leonison, az egyetlen általa vizsgált RR Lyrae típusú csillagon olyan kis amplitúdójú pulzációt talált, amely nem volt azonosítható az RR Lyrae csillagok szokásos pulzációs módusaival. Külön érdekesség, hogy ez utóbbi csillag a ritka, kétmódusú RR Lyrae csillagtípusba tartozik, vagyis egyidejűleg pulzál az alpmódusban és az első felhangban. Ehhez adódik a MOST által talált harmadik, valószínűleg nemradiális módus. Manapság pedig a CoRoT és Kepler missziók sorra fedezik fel a hasonló jelenségeket más RR Lyrae csillagokon.

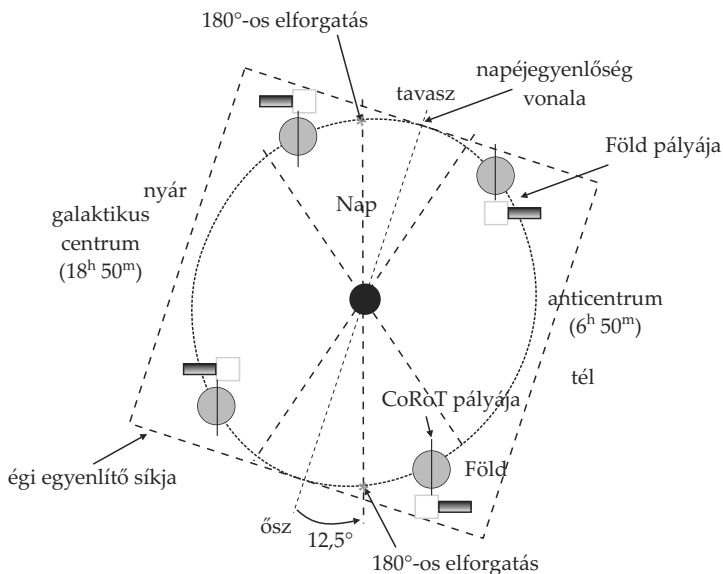
A következőkben tárgyalt két űrmisszió minden szempontból teljesen más nagyságrendet képvisel, mint a gyakran csak nanosatellitaként emlegetett MOST.

## CoRoT – a francia–európai bolygóvadász

Az első elképzelések arról, hogy Franciaország egy űrfotometriai távcsövet szeretne építeni, 1994-ben kerültek nyilvánosságra. A CoRoT űrmisszió neve<sup>3</sup> eredetileg csak a **C**onvection, **R**otation szavakat takarta, ami utólag változott **C**onvection, **R**otation and Planetary Transitsra, azaz konvekció, rotáció és bolygóátvonulássá. A névváltozás mögött a műhold komoly áttervezése állt. Az eredetileg csak asztroszeizmológiai célú eszköz – részben kényszerből – több célúvá vált. Mivel az asztroszeizmológia elég nehezen „adható el” önmagában, a projekt többször volt olyan helyzetben, hogy pénz hiányában végül mégsem valósul meg. A kilencvenes évek közepétől azonban sorra fedezték fel az újabb és újabb bolygókat más csillagok körül. Ilyen exobolygók úgy is felfedezhetők,<sup>4</sup> hogy az exobolygó keringése során időről időre elhalad központi csillagának korongja előtt, és ezzel a csillag kis fényességsökkenését okozza, amelyet aztán ki tudunk mérni. (Természetesen ehhez az kell, hogy a bolygó pályásíkjá nagyjából a látóirányunkba essen.) Az ilyen bolygóvadászat nagyon hasonló eszközöket és módszereket igényel, mint a változócsillagászat. Hosszú, egyenletesen mintavételezett és lehetőleg minél pontosabb időso-

<sup>3</sup> Érdemes megjegyezni, hogy a betűszó (szándékosan) megegyezik a Magyarországon kevésbé ismert, de nemzetközi híré francia tájképfestő Jean-Baptiste-Camille Corot (1796–1875) nevével.

<sup>4</sup> A felfedezési módszerekről lásd Szatmáry Károly áttekintését a 2003-as Meteor Csillagászati évkönyvben

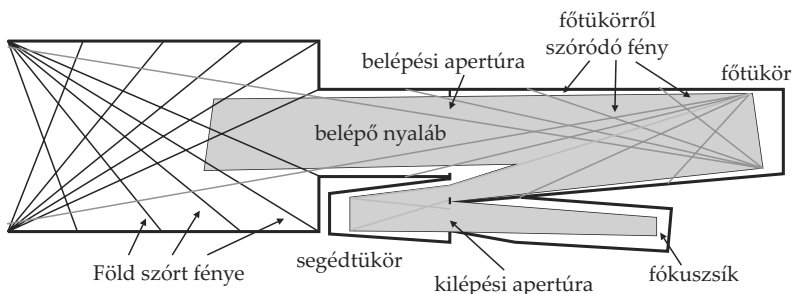


1. ábra. A CoRoT-űrtávcső mozgása az év során a Föld pályasíkját felülnézetben ábrázolva. A távcső nagyjából fél-fél éven keresztül a galaktikus centrum, illetve anticum irányába néz. Mielőtt a Nappal való szembenállás bekövetkezne, 180 fokkal átfordítják a távcsövet.

rokat kell rögzíteni annak reményében, hátha találunk egy kicsi, ismétlődő fényességcsökkenést, amelyet esetleg egy exobolygó okoz. Magától értetődő volt tehát a két cél egyesítése egy eszközön. A távoli bolygók pedig a nagyközönséget is felcsigázzák, a pénzcsapok is megnyíltak, szabad volt hát az út az űrtávcső előtt. A francia űrügynökség, a CNES 2000-ben határozott a CoRoT megépítéséről, ami mintegy öt évet vett igénybe. Időközben a CoRoT misszió fokozatosan egyre inkább nemzetközivé vált. A műhold egyes részgységeit belga, spanyol, német cégek készítették el. Ausztria és Brazília pedig a műholddal való földi kapcsolattartásban vállalt szerepet. 2001-ben az Európai Űrügynökség (ESA) is bekapcsolódott a munkálatokba, amelyek főleg azután váltak fontossá számára, miután saját exobolygó-kereső tervét az Eddington-űrtávcsövet anyagi okokból törölték. Mi magyar kutatók is az ESA-n keresztül csatlakoztunk 2005-ben a CoRoT projekthez egy ESA PECS pályázat keretében Paparó Margit (MTA KTM CSKI) vezetésével. Így aztán mi is izgatottan figyeltük 2006. december 27-én az indítás pillanatát, amikor egy Szojuz-rakéta csúcsán a magasba emelkedett a CoRoT-űrtávcső.

Szerencsére minden rendben zajlott, és a műhold a terveknek megfelelő poláris pályára ált. Ez a pálya lehetővé teszi, hogy majdnem fél évig is egy kiválasztott égi területet mérjen a távcső. A pálya megtervezésénél cél volt, hogy a lehető leghosszabb ideig lehessen egy területet megfigyelni. Föld körüli pályáról nagyjából ez a fél év a maximális időtartam, amelyet el lehet érni, mivel a Föld éves mozgása a Nap körül oda vezet, hogy egy idő után a távcső a Nappal szembe kerülne, amit természetesen el akarunk kerülni. A CoRoT esetében a problémát úgy oldották meg, hogy félévente 180 fokkal elforgatják a távcsövet, így a Nap mindig „hátról” süt, és így mellesleg folyamatosan éri a napelemtáblákat is (1. ábra). A két terület koordinátái, ahová fél éven keresztül néz a távcső:  $18^h 50^m, 0^\circ 00'$ , a Galaxis centrumának irányában (a Sas csillagképben), illetve  $6^h 50^m, 0^\circ 00'$ , az anticentrum irányában (az Egyszarvú csillagképben). A távcsövet technikailag egy 10 fok sugarú körön belül lehet állítani ezen pozíciók körül.

Tekintsük át röviden a műszer főbb jellemzőit! A CoRoT-űrtávcső főtükre egy körülbelül 27 cm átmérőjű tükör fénygyűjtő képességének felel meg. A körülményes megfogalmazás azért van, mert a tükröző felület alakja leginkább trapézra hasonlít, nem a szokásos kerek. Az optikai elrendezés sajátossága az is, hogy a segédtükör a bejövő nyaláb irányára merőlegesen el van tolvá (úgynevezett off-set elrendezés, 2. ábra). Ezzel a megoldással a segédtükör nem takar ki semennyit, és így optimális a távcső fénygyűjtő képessége. Az elrendezés földi körülmények között nehézkes és nem is alkalmazzák, a Föld körüli pályán azonban nem gond sem az alátámasztás, sem a kiegyensúlyozás. A távcső hosszú tubusában egy fekete fényelnyelő festékkel bevont gyűrűrendszer helyezkedik el, ami a szórt fényt (itt elsősorban a Föld fényére kell gondolni) hivatott elnyelni.

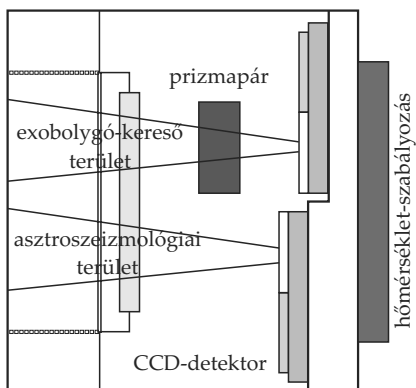


2. ábra. A CoRoT-űrtávcső optikai elrendezése.

A távcső fókuszában négy, egyenként  $2048 \times 2048$  pixelt tartalmazó CCD-chip foglal helyet. A pixelek  $13,5$  mikrométeresek, és az  $1,2$  m-es fókusz távolság mellett  $2,32$  ívmásodperc/pixeles felbontást eredményeznek, vagyis az égen egy-egy chip  $1,4 \times 1,4$  fokos területet fed le. Ezek a paraméterek amúgy teljesen átlagosak lennének egy földi optikai távcső CCD-kamerája esetében is. Innen kezdődnek a különlegességek: a négy chipből 2-2 szolgálja az exobolygó-átvonulások megfigyelését („exo-

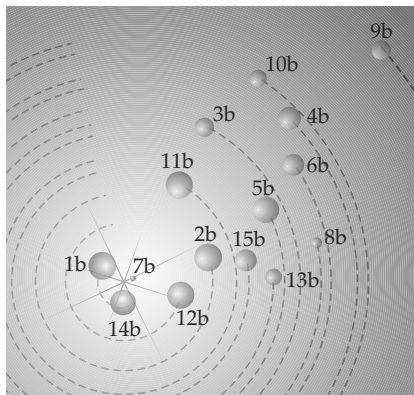
bolygós terület”), illetve az asztroszeizmológiát („szeizmológiai terület”). A szeizmológiai területhez tartozó CCD-k szándékosan nem a fókusz síkban vannak. Az ezeken rögzített defokuszált felvételekkel elérhető, hogy fényes célpontcsillagokról is a beégés veszélye nélkül kapjunk nagy jel/zaj viszonyú méréseket. A sáv szélesség nem teszi lehetővé az egyedi CCD-képek Földre sugárzását, ezért CCD-nként öt-öt csillagot mér a távcső  $32$  s expozíciós idővel, illetve kérésre lehetőség van  $1$  másodperces mintavételezésre is. Az exobolygós terület CCD-chipje fölött pedig egy prizmapár helyezkedik el, ami minden egyes csillagról egy kis felbontású színeképet készít (3. ábra). A csillagokra előzetesen meghatározták a színekép (fényességtől függő) alakját, és egy ennek megfelelő maszkot illesztenek az egyes csillagokra, majd ezen belül a fényesebb csillagok esetén három szint képeznek, míg a halványabb ( $m_v > 15$  mag) csillagokra a teljes fluxust összegzik, és „fehér fényben” mért fluxust számolnak ki. Ezek azok az adatok, amikkel azután a kutatók találkozhatnak. Az exponálási idő az exobolygós területen  $32$  s. A mért értékekből a legtöbb csillag esetén  $16$ -ot még az űreszköz fedélzetén összeadnak, és így  $512$  s (mintegy  $8$  perc) lesz a tényleges mintavételi idő. Az exobolygó-kereső területeken lévő összes csillag – a mért  $11,5$  és  $16$  magnitúdó közötti fényességtartományban átlagosan  $12\,000$  csillag – adatát lesugározza a műhold, sőt lehetőség van mintegy  $500$  kiválasztott csillag esetében az eredeti  $32$  s mintavételezésű (úgynevezett oversampled) adatsor vizsgálatára is.

A CoRoT sikeres pályára állítása és a tesztelések után, 2007. január 18-án elkészült az első CCD-kép, és január 30-tól elindult az első tudományos mé-



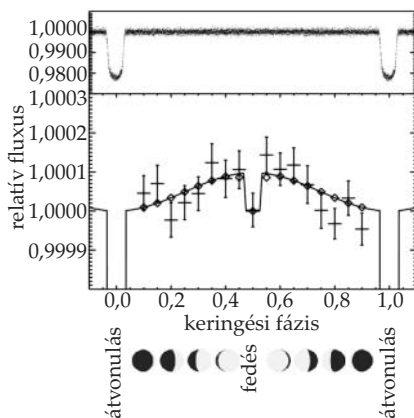
3. ábra. A CoRoT leképezésének elvi vázlata.





4. ábra. A CoRoT eddig felfedezett 14 bolygójának főbb paramétereit (méret, napjától mért távolsága) egy ábrán. (A valóságban ezek a bolygók mind különböző csillagok körül keringenek!)

Ha a MOST esetében azt írtuk, hogy lehetetlen teljes körűen áttekinteni eredményeit, ez fokozottan áll a CoRoT-ra. Az egyik legtekintélyesebb csillagászati szakfolyóirat, az *Astronomy and Astrophysics* 2009-ben külön számot szentelt a CoRoT korai eredményeinek, amelyek majd 600 oldalt töltenek meg. Szemelgessünk tehát az érdekesebb felfedezések között!

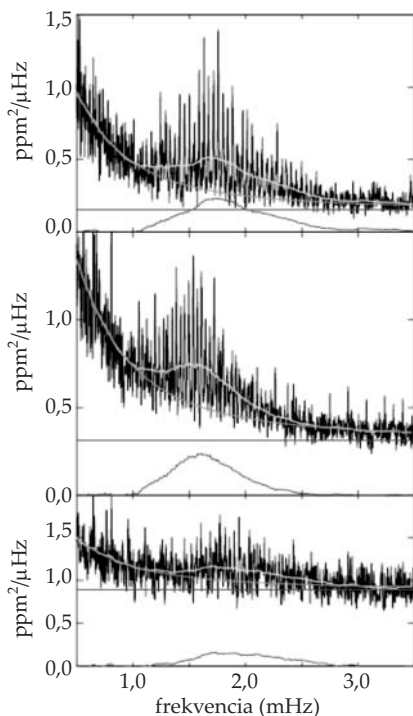


5. ábra. A CoRoT-Exo-1b fázisainak kimutatása Snellen és tsai (2009) nyomán.

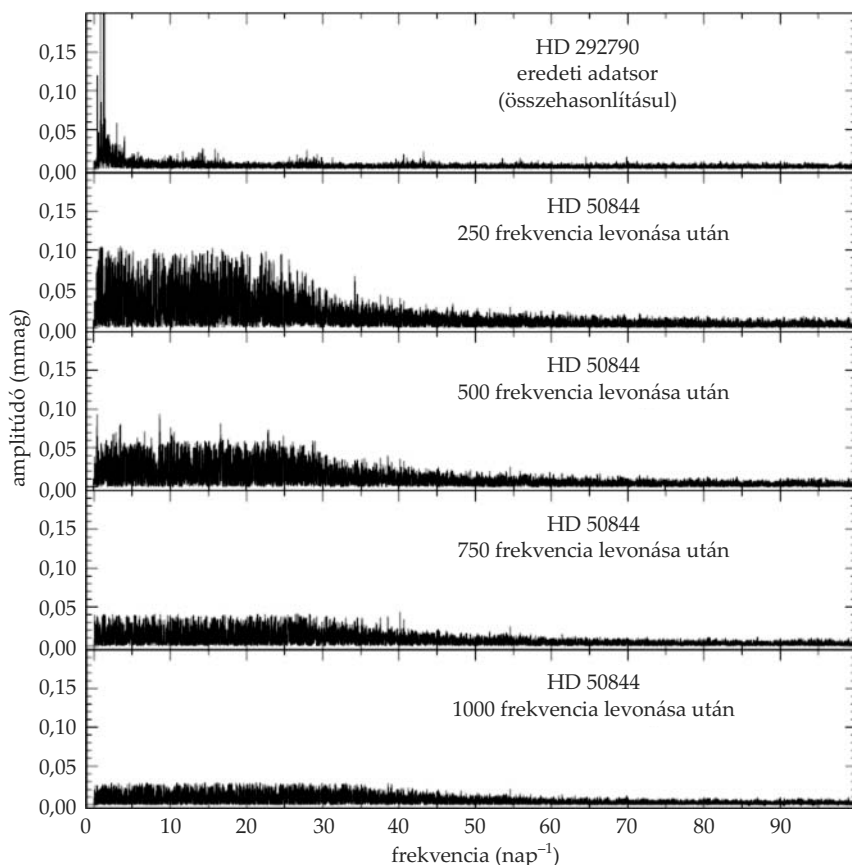
rési ciklus is. Május elején pedig már napvilágot láttak az első fénygörbék, köztük az első felfedezett bolygó, a CoRoT-Exo-1b fénygörbéje. Az úrtávcső egészen 2009. március 8-ig komolyabb hiba nélkül üzemelt, amikor is az egyik adatcsatornával (gyakorlatilag az egyik szeizmológiai és az egyik exobolygó-kereső CCD-vel) megszűnt a kapcsolat. A hibát többszöri kísérlet ellenére sem sikerült kijavítani, így azóta a CoRoT „fél szemére vak”. A miszsiót eredetileg 2,5 évre tervezték, amin már túl vagyunk. Jelenleg úgy tűnik, hogy a műhold legalább 2013-ig működni fog, hacsak valami végtelen hiba nem következik be.

E sorok írásáig 14 exobolygó felfedezését jelentette be a CoRoT exobolygóvadász csoportja. A jelöltek száma ennél sokkal nagyobb, csak hogy egy exobolygót akkor tekintünk biztosnak, ha földi nagy távcsövekkel spektroszkópiai úton is megerősítik a létét. Márpedig az elmúlt évtized tömegessé vált bolygófelfedezései miatt egyre nehezebb távcsöйдöt kapni ilyen célokra. A 14 biztos bolygó zöme (4. ábra) csillagához közel keringő gázóriás, azaz forró Jupiter típusú, amilyeneket a korábbi földi felmérések is százszámra azonosítottak. A CoRoT-Exo-7b sugara azonban

mindössze 1,58-szorosa a Földének, tömege pedig 4,8-szorosa, sűrűsége  $5,6 \text{ g/cm}^3$ . Ez tehát az első felfedezett kőzetbolygó! A korábban elméletileg megjósolt szuper-Földek közé tartozik. Meglepő azonban, hogy csillagától mindössze 0,0172 CSE-re kering, ami jóval közelebb van, mint a Merkúr pályája a Naphoz, és ez valószínűleg kötött keringést is okoz. A számítások szerint felszínén 1800–2600 fok közötti hőmérséklet uralkodik, a bolygó felszínét ennek megfelelően olvadt kőzetanyag, láva boríthatja. A szintén gázóriás CoRoT-Exo-9b-nek a keringési ideje érdemel figyelmet: 95 nap. Ez a leghosszabb keringési idő az összes eddig felfedezett exobolygóé között, amivel megtettünk egy újabb lépést a mi Naprendszerünkhöz hasonló bolygórendszerek felfedezésének útján. A CoRoT-Exo-3b is különleges, noha kiderült róla, hogy valójában nem is bolygó. A számítások azt mutatták, hogy az objektum barna törpe (a csillagok és bolygók közötti ritka átmeneti égitest), így ez az első, amelyiket fedési rendszerben találtak. Az elsőként felfedezett CoRoT-Exo-1b-vel is kapcsolatos egy érdekesség. Ahogyan ez az ilyen úrkísérleteknél szokásos, az észlelési anyag bizonyos idő elteltével nyilvános, bárki által hozzáférhető, letölthető és vizsgálható lesz. A 2008-ban elsőként nyilvánossá vált adatokat vizsgálva a Leideni Egyetem három kutatójának sikerült elsőként egy exobolygó, a CoRoT-Exo-1b fázisait kimutatnia. A bolygó nappali és éjszakai féltékéjének eltérő fényessége a Naprendszer belső bolygóihoz (Vénusz, Merkúr) hasonló fényváltozásokat okoz (5. ábra). A tanulság az, hogy a nyilvános adatbázisok még rengeteg kincset rejthetnek, és ez a jövőben még egyre inkább így lesz, hiszen az adatok mennyisége hihetetlen ütemben nő, a csillagásznak pedig egyre nehezebb ezzel lépést tartani.



6. ábra. Nap típusú oszcillációk a Naphoz hasonló csillagokon. A HD 49933 (fent), a HD 181420 (középen) és a HD 181906 (lent) Fourier spektrumai.



7. ábra. Ezer frekvencia a HD 50844  $\delta$  Scuti csillag Fourier-spektrumában (Poretti et al. 2009).

Az asztroszeizmológiai eredményeket sorba véve, a várakozásoknak megfelelően sikerült egyértelműen kimutatni Naphoz hasonló csillagokon is a Nap típusú oszcillációkat, valamint a granuláció okozta zajt is sikerült elkülöníteni (6. ábra). Az egyik fő asztroszeizmológiai célpont volt a HD 50844  $\delta$  Scuti típusú változócsillag. Ezen és a hozzá hasonló csillagokon a földi megfigyelések több tucatnyi független pulzációs periódust mutattak ki. Az elméleti modellek alapján azonban folytonos frekvenciaspektrumot (gyakorlatilag végtelen számú pulzációs periódust) kellett volna látnunk. Nem volt világos, mi okozza, hogy egyes pulzációs frekvenciák megfi-

gyelhetők, mások pedig nem. A HD 50844 CoRoT-észleléseinek vizsgálata során mintegy ezer frekvenciát találtak a zajsztint fölött, ami már közelít az elméleti jósolatokhoz (7. ábra). Az alapprobléma azonban továbbra is megmaradt: milyen fizikai jelenség okozza azt, hogy egyes frekvenciák erősebbek, míg mások gyengébbek? Nem világos egyelőre az sem, vajon az ezer frekvenciát nem valamilyen figyelembe nem vett műszeres zaj okozza-e. A Kepler-űrtávcső független mérései minden bizonnyal választ fognak adni erre az utóbbi kérdésre. A MOST (és a WIRE) eredményeit megerősítve és kiterjesztve több vörös óriáscsillagnál talált a CoRoT reguláris szerkezeteket a csillagok frekvenciaspektrumában, amelyek Nap típusú oszcillációkkal voltak egyértelműen azonosíthatók. Ezek segítségével asztroszeizmológiai sugarat, tömeget és kort lehetett meghatározni. Sőt két A2 színképtípusú csillagra (HD 174936, HD 50844) is sikerült kimutatni a granuláció és a konvekció okozta Nap típusú oszcilláció jelenlétét, holott korábban az volt az általános vélekedés, hogy ez az F0-nál korábbi színképtípusú csillagok esetén lehetetlen, mivel az elméletileg szármolt konvekciós zóna túl vékony ahhoz, hogy mérhető effektust okozzon.

## Kepler – az amerikai válasz

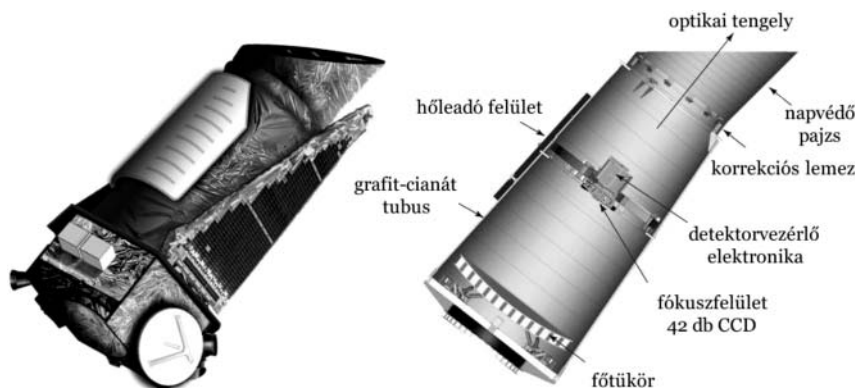
Az exobolygók kereséséért folytatott versenyben természetesen a NASA sem akart lemaradni. Ha már verseny, akkor az amerikai exobolygó-kereső műszer legyen nagyobb, pontosabb, találjon több és kisebb bolygót, amelyek lehetőleg hasonlítsanak a Földre, vagyis legyenek alkalmasak élet hordozására. 2009. március 7-én el is indult a NASA Kepler-űrtávcsőve, a fenti ambiciózus célokkal. Magától értetődik persze, hogy az amerikai műszert nem a CoRoT indítása inspirálta, az előkészületek jóval előbb kezdődtek. Nem évekkel, hanem évtizedekkel! Érdemes felidézni, hogy mi vezetett korunk legpontosabb, optikai tartományban működő űreszközének kifejlesztéséhez. A történet iskolapéldája a tudomány műveléséhez szükséges elkötelezettség és kitartás fontosságának, majd diadalának.

1971-ben Frank Rosenblatt felvetette a bolygóátvonulások (tranzitok) keresésének lehetőségét. William Borucki (a Kepler-program mai vezetője) és Audrey Summers 1984-ben pontosították a számításokat és kiszámolták, hogy nagyszámú csillag megfigyelésével esély van a Jupiterhez hasonló bolygók felfedezésére. Ne feledjük, hogy az első „igazi” exobolygót (51 Pegasi b) csak 1995-ben fedezte fel Michele Mayor és Didier Queloz, illetve az első – pulzár körül keringő – bolygókra is csak 1992-ben bukkantak! A számításokból az is kiderült, hogy Föld-szerű bolygók fedés

útján történő kimutatása csak űreszközökkel lehetséges, hiszen míg a Jupiternek egy Naphoz hasonló csillag esetén körülbelül 1% fényességcsökkenést okoznak, addig egy Föld mindössze 1/10 000 résznyit. A teljesség kedvéért megemlítjük, hogy Otto Struve már 1952-ben leírta az exobolygó-keresés mindkét alapvető technikáját: a csillag radiális sebességének változásán és az átvonuláson alapuló módszer lényegét is.

A '80-as években a program előkészületeként elkezdtek kísérletezni a nagy érzékenységgű fotoelektron-sokszorozókkal a NASA támogatásával. A legnagyobb problémát a használt optikai kábelek kiforratlansága miatti nagy zaj okozta. A Kepler-misszió elődjét (FRESIP, FRequency of Earth-Size Inner Planets, azaz Föld-méretű Belső Bolygók Gyakorisága) először 1992-ben javasolták a NASA-nak. A döntőbizottság kiemelte a javaslat tudományos értékét, de feltétlenül bizonyítékot szeretett volna arra nézve, hogy a kívánt pontosságú fotometria megvalósítható. Ekkoriban már a misszió egyéb asztrofizikai „mellékhatásai” is nyilvánvalóvá váltak, melyek közé tartozott az asztroszeizmológia, a csillagok aktivitásának, forgásának vizsgálata, valamint gyakorlatilag mindenféle fényváltozást mutató objektum hihetetlenül pontos fényességmérésének ígérete. Ide tartoztak nemcsak a pulzáló változócsillagok, de a fedési kettősök, a kataklizmikus változók, sőt még a kvazárok és egyéb aktív galaxisok is. 1994-ben újra felterjesztették a missziót, a maihoz hasonló méretű főtükörrel, és legfontosabb változásként a fotoelektron-sokszorozók helyére már CCD-kamerákat terveztek. A NASA ekkor a költségek mértékét a Hubble-űrteleszkópéhoz hasonlónak vélte, és mint túl költséges programot, nem támogatta.

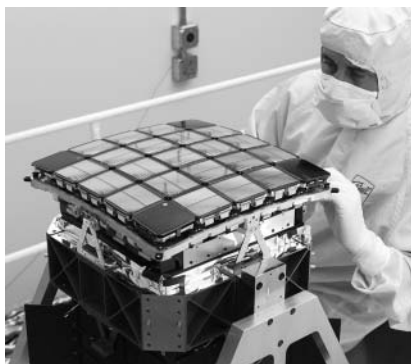
William Borucki csoportja nem adta fel a próbálkozást. A Lick Observatórium alagsorában tovább kísérleteztek a CCD-detektorokkal, és fantasztikus,  $5 \times 10^{-6}$ -os fotometriai pontosságot értek el. 1996-ban újra megpróbálták az akkor már Kepler névre keresztelt űrtávcső elfogadását keresztülvinni a NASA-nál. A költségeket jelentősen csökkentették, hogy beleférjenek a Discovery-osztályú missziókra biztosított keretbe. A javaslat támogatását ismét elutasították, most azzal az indokkal, hogy még soha senkinek nem sikerült demonstrálnia, hogy lehetséges több ezer csillag egyidejű, automatikus fotometriája. A bizottság azt javasolta, hogy építsenek egy ilyen fotométert földi körülmények között, bizonyítva ezzel, hogy a feladat kivitelezhető. A műszer el is készült a Lick Observatórium egy üresen álló kupolájában. A fotométert és a kupolát távolról, a NASA San Francisco melletti Ames kutatóközpontjából vezérelték. 1998-ban egy látómezőben 6000 csillagról kaptak megfelelő minőségű fotometriai adatot. Még egy sikertelen pályázati forduló következett, ahol a bírálók nem látták alátámasztottnak, hogy a műszer az űrbeli körülmények



8. ábra. A Kepler felépítése

között is hozni fogja a Föld típusú bolygók kimutatásához szükséges pontosságot. Ekkor egy újabb laboratóriumi műszer megépítése volt soron, ami az összes elképzelhető zajforrást is szimulálta. Ennek sikere és a 2000-ben felfedezett első fedési exobolygó végül meghozta a várva várt áttörést: a Kepler-misszió 2001 decemberében zöld utat kapott, és megkezdődhetett az űrtávcső kivitelezése.

Milyen lett végül a 25 éve megálmodott Kepler-űrtávcső, és melyek voltak azok a tudományos kíváncsalmak, amelyek meghatározták felépítését? A program elsődleges célja a lakhatósági zónában keringő, Földhöz hasonló, fedési exobolygók kimutatása. A program lényeges eleme – a CoRoT-hoz hasonlóan – a csillagok szeizmológiai vizsgálata. Ez – bár önmagában is érdekes – fontos pillére a talált exobolygók vizsgálatának: a csillag szeizmológiából meghatározott pontos sugara és kora alapvető információkat szolgáltat a bolygókról és a bolygórendszer fejlődéséről. Elég, ha arra gondolunk, hogy a fedésből a csillag és a bolygó sugarának aránya adódik, így ha a csillag tömegét ismerjük, a szeizmológia segítségével a bolygó átlagsűrűsége is számolható, ami a



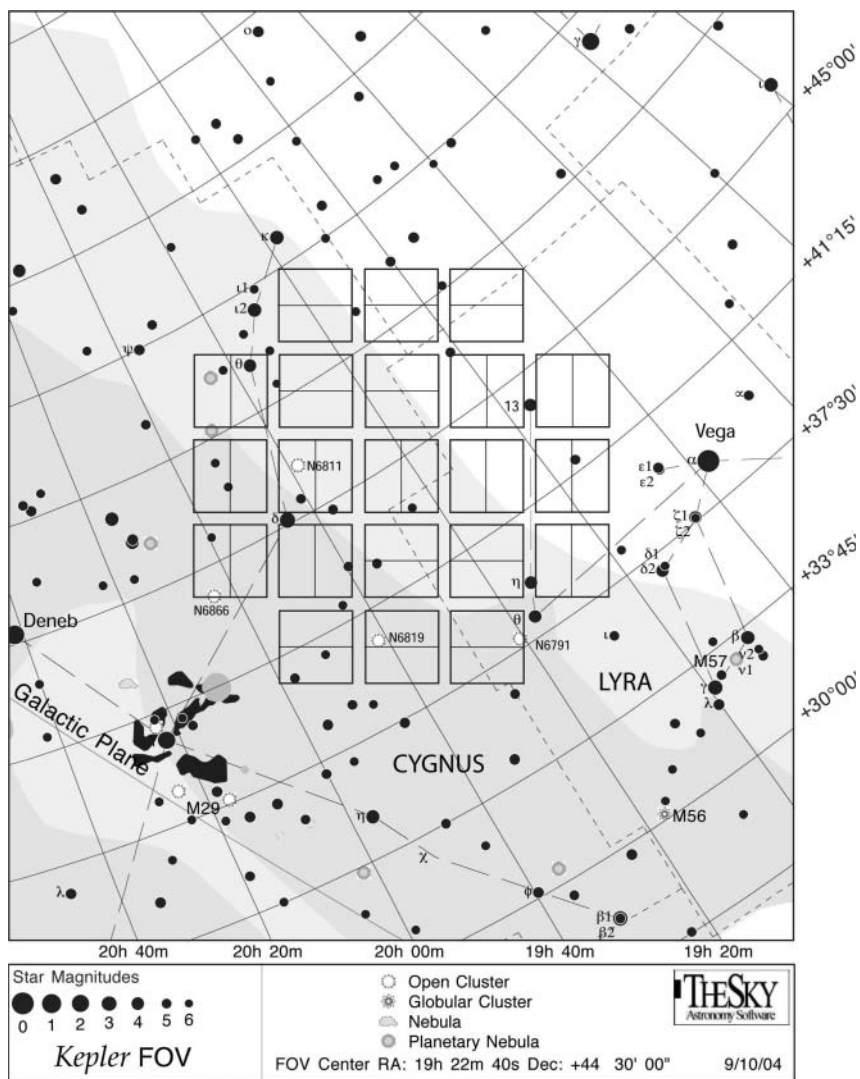
9. ábra. A Kepler érzékelő felülete. Figyeljük meg a görbült fókuszfelületre illeszkedő detektorrendszert!

kémiai összetételére és jellegére (gáz- vagy kőzetbolygó) szolgáltat adatot. A Kepler tudományos céljának megvalósításához egyrészt legalább 100 ezer csillag folyamatos megfigyelése kell, másrészt extrém pontos és stabil fényességmérésre van szükség éveken keresztül. A követelmény 20 ppm (part per million, milliomodrész) fotometriai pontosság egy Föld méretű planéta 12 magnitúdós, Naphoz hasonló csillag előtti, 6,5 óráig tartó átvo-nulása alatt. A műszernek (és az adatredukciós lépéseknek) képeseknek kell lenniük az évenkénti egyetlen,  $10^{-4}$  relatív fényességcsökkenést jelen-tő tranzit kimutatására is.

A fenti kritériumokat teljesítő rendszer felépítése a következő (8. *ábra*): az optikai elrendezés egy 1,4 méter átmérőjű,  $f/1$ -es nyílásviszonyú, 95 cm szabad apertúrájú Schmidt-rendszer, amely a valaha épített kilencedik legnagyobb Schmidt-távcső. Főtükre 85%-kal könnyített, extrém alacsony hőtágulási együtthatójú üvegből készült. A fókuszban elhelyezett 42 db  $2200 \times 1024$  pixeles CCD-chip (9. *ábra*) 105 négyzetfokos területet képez le. Az észleléseket a 430–840 nm közötti hullámhossztartományban végzik, mely szinte a teljes optikai tartományt lefedi. Semmilyen mozgó alkatrész: sem színszűrők, sem a detektorokat védő zár nincs az optikai útban. A Kepler egyetlen, hatalmas területet észlel folyamatosan (10. *ábra*) a Hattyú (Cygnus) és Lant (Lyra) csillagképek irányában. A terület csak néhány fokkal a galaktikus sík felett helyezkedik el, ebben az irányban optimális számú fősorozati csillag van, de a csillagok képének összelógása (blending) nem okoz olyan súlyos problémát, mint ha a Tejút „gerincét” célozták volna meg. A fotometriai stabilitást és a terület állandó láthatóságát 372,5 nap keringési idejű, Nap körüli, úgynevezett Föld-követő pálya (11. *ábra*) garantálja. Állandó hőmérsékletet és sugárzási környezetet biztosítva az űreszköznek, elkerülhető az a Föld körüli pályáknál feltétlenül jelentkező zavaró hatás, amely a bolygónkat körülvevő sugárzási övezetekből ered.

A tudományos program tervezett időtartama 3,5 év, ami akár 2,5 évvel is meghosszabbítható. A folytonos energiaellátás érdekében körülbelül negyedévente 90 fokkal elforgatják a távcsövet tengelye körül, ezáltal a napelemek mindig a Nap irányába néznek. A Kepler bolygókereséshez és csillagszeizmológiához használt célpontjai a 9–16 magnitúdó<sup>5</sup> fényesség-tartományba esnek, kivételes esetben azonban 7 magnitúdós csillag fotometriájára is van mód, elvileg pedig akár 20 magnitúdós vagy halványabb objektumok mérése is megoldható. A CCD-k nagyméretű pixelei miatt a

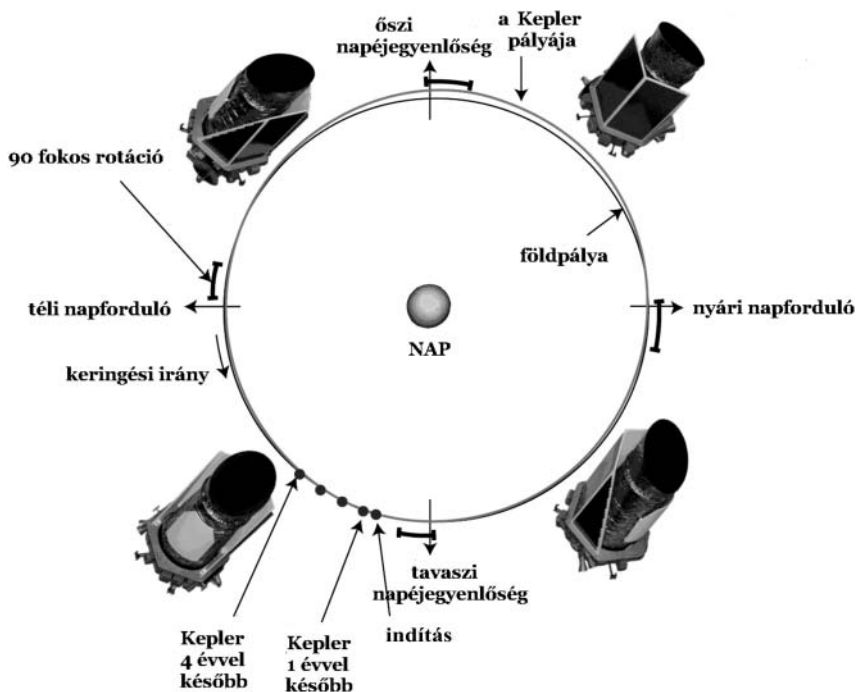
<sup>5</sup> A fényességek a Kepler által megfigyelt hullámhossztartományban mért magnitúdóban értendőek.



10. ábra. A Kepler látómezeje a nyári Tejútban.

csillagok mérete körülbelül 4 ívmásodperc. Ezért rengeteg foton gyűjt-  
hető, és elképesztően javul a jel/zaj viszony. A telítődés elkerülése érde-  
kében 6 másodpercenként történik a kiolvasás, a fénygörbék közül né-





11. ábra. A Kepler-űrtávcső Nap körüli pályája.

hány 1 perces, a többség pedig 30 perces integrációs időnek megfelelő összegezéssel tárolódik. Az adatok letöltése, valamint a vezérléshez szükséges parancsok és az új célpontok feltöltése havonta egyszer történik. Mivel 30 napig az összes adatot nem tudják tárolni, ezért csak előre kiválasztott objektumok pixelei (az összes pixel körülbelül 5%-a) tárolódnak, ezt tömörítik, majd töltik le periodikusan. Időnként, tesztelési céllal a teljes látómező minden pixelét eltárolják. A Kepler-programban tehát csak előre meghatározott célpontok észlelhetők, ezeket előzetesen ki kell választani. Ebben a magyar kutatók is fontos szerepet vállaltak (lásd később). Megjegyezzük, hogy összesen mintegy 15 millió ismert forrás esik a Kepler-mező irányába az adott fényességtartományban.

A Kepler alapvetően három különböző kategóriába eső célpontot észlel. Az adatok nagy része átlagosan 1 év védett időtartam után válik nyilvánossá. A kategóriák a következők: a) bolygókeresésre használt, b) asztroszeizmológiai és c) Guest Observer („vendégészlelő”) célpontok.

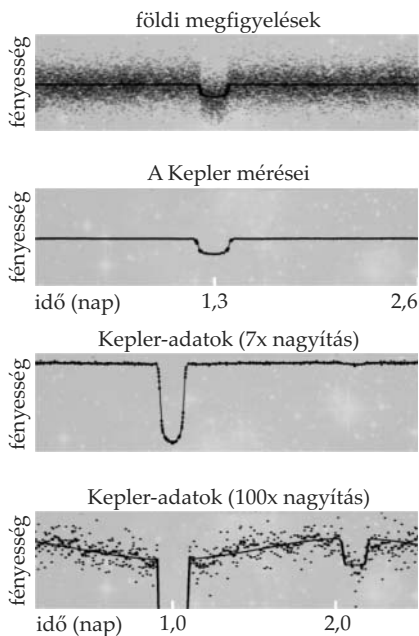
a) A fő program 150 000, főként késői (F-K színképtípusú) fősorozati csillag folyamatos megfigyelése. Az elsődleges cél a Földhöz hasonló, lakhatósági zónában keringő exobolygók átvonulásainak kimutatása, ezért ezeket a célpontokat a misszió teljes időtartama alatt folyamatosan megfigyelik. A célpontlista kisebb arányban korai fősorozati csillagokkal bővült, ezek összehasonlításra használhatók. A komplex fényváltozást mutató és/vagy óriáscsillagnak bizonyuló célpontok fokozatosan kikerülnek a programból. Mintegy 1000, jó jel/zaj viszonyú vörös óriáscsillag asztrometriai referenciaként fog szolgálni. A programnak ezt a részét a program vezetője: William Borucki és a Kepler Science Team kutatói irányítják.

A Föld típusú bolygók felfedezése mellett a következő célok megvalósítását is kitűzték az exobolygó-programban:

- a Föld típusú bolygók gyakoriságának meghatározása a lakhatósági zónákban, ezen bolygók sugár- és pályaméret-eloszlásának mérése;
- bolygók vizsgálata több csillagot tartalmazó rendszerekben;
- több bolygót tartalmazó rendszerek feltérképezése;
- a várhatóan sok forró Jupiter fizikai tulajdonságainak (pályaméret, albedó, méret, tömeg, sűrűség) vizsgálata.

Ha a Földhöz hasonló bolygók gyakoriak, akkor a Kepler akár több százat is felfedezhet belőlük, forró Jupiterből pedig még ennél is többet.

b) Az asztroszeizmológiai célpontok kettős célt szolgálnak. Egyrészt a – Kepler által felfedezett – bolygók gazdacsillagai fizikai tulajdonságainak pontosítását teszik lehetővé, másrészt a Hertzsprung–Russell-diagram minden szegletében jelenlévő pulzáló változócsillagok jobb megértését fogják elősegíteni. Mintegy 4000 ilyen csillag lesz a misszió folyamán. Az ultrapontos Kepler-űradatok asztroszeizmológiai kiaknázására jött létre a nemzetközi Kepler Asztroszeizmológiai Tudományos Konzorcium (KASC), amely több mint 450 kutatót tömörít. A különböző csillagtípusok vizsgálatára 13 munkacsoportot hoztak létre, ezek több alcsoportra tagolódnak, jellemzően: földi támogatás, adatfeldolgozás, modellezés szerint. A mirák és félszabályos változók vizsgálatait Kiss László (MTA KTM CsKI), míg a cefeidákét Szabó Róbert (MTA KTM CsKI) vezeti. (Az RR Lyrae csoport elméleti modellezés alcsoportját szintén Szabó Róbert irányítja.) Az asztroszeizmológiai célpontok kiválasztása, jelölése a KASC és a munkacsoport vezetőinek feladata. A cefeida, mira és RR Lyrae csillagtípus célpontjait is magyar kutatók javasolták, és negyedévente részt vesznek a célpontlista frissítésében. Az MTA KTM CsKI kutatócsoportja azonban nemcsak az előkészítő munkába és a célpontkiválasztásba kapcsolódott be sikeresen, hanem az adatfeldolgozásban, a földi támogatásban, az adatok értelmezésében és modellezésében is aktív szerepet játszik.



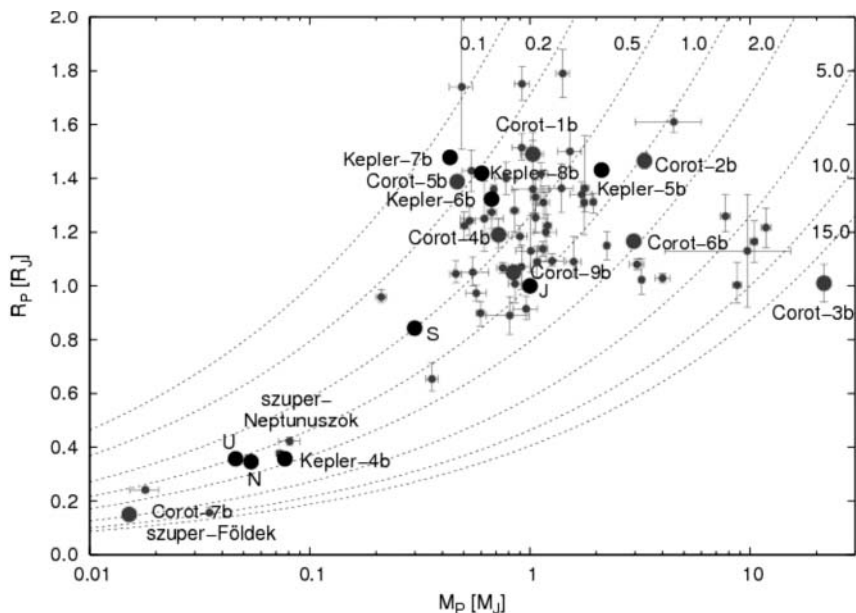
12. ábra. A HAT-P-7b jelű bolygó átvonulási fénygörbéje a Föld felszínéről és a Keplerrel végzett megfigyelések alapján. A Kepler-fénygörbe nagyítása. A főminimum mellett jól látható a másodminimum és a fedések közötti időben a fényesség folyamatos változása, amely a bolygó fázisváltozásával magyarázható.

sora alapján, ezen túlmenően pedig a fedések között folytonos fényességváltozást mutatott ki, ami a bolygó fázisváltozásaival magyarázható (12. ábra). Az adatok alapján a Kepler teljesítőképessége közel van a várt-hoz, és minden esélye megvan az eddigi legkisebb exobolygók felfedezésére, annak ellenére, hogy az egyik modul (2 db CCD) egy év után meghibásodott, és valószínűleg használhatatlan marad. Ez egyszerre csak a látómező 1/21-ed részét érinti, a távcső forgatása miatt pedig a látómezőnek körülbelül 19%-ában lesznek nem teljesen folyamatosak a fénygörbék.

A következő lépés a 2010 januárjában bejelentett 5 új exobolygó volt, amelyek a Kepler-4b, -5b, -6b, -7b és -8b neveket kapták. Az új égitestek mindegyike a forró Jupiterek osztályába tartozik. Ez várható volt, hiszen ahhoz, hogy a Kepler fő célpontjai – a Földhöz hasonló, szilárd kéreggel

c) Az évente meghirdetett, más űreszközökön is megszokott Guest Observer („vendégészlelő”) program a Kepler látómezejébe eső egyéb pontoszerű és kiterjedt asztrofizikai objektumok (például aktív galaxismagok, nóvák, törpenóvák) nagy pontosságú fotometriai vizsgálatát célozza, amelyre bárki adhat be tudományosan szempontból kellően alátámasztott pályázatot. A Guest Observer programban mintegy 3000 célpont észlelésére van lehetőség.

A Kepler látómezejében három, a felbocsátás előtt felfedezett exobolygó van (TrES-2, HAT-P-7b, HAT-P-11b), melyek közül az utóbbi kettő magyar vonatkozású, hiszen ezeket Bakos Gáspár és az általa létrehozott HATNet hálózat találta. Az űrtávcső legelső tudományos eredménye éppen a HAT-P-7b jelű fedési exobolygóhoz köthető. A Kepler az elsődleges tranziton kívül a másodlagos fedéseket is könnyedén detektálta nem sokkal az indítás után rögzített 10 napos adat-



13. ábra. Az ismert fedési exobolygók tömeg-sugár diagramja (mindkettő Jupiter-egységben kifejezve). A szaggatott vonalak az állandó sűrűség görbái, a kis számok a sűrűséget jelzik a Jupiter sűrűségéhez (1,326 g/cm<sup>3</sup>), mint egységhez viszonyítva. A négy naprendszerbeli óriásbolygót és a CoRoT által felfedezett exobolygókat nagy korongok jelölik. (forrás: <http://exoplanet.eu>)

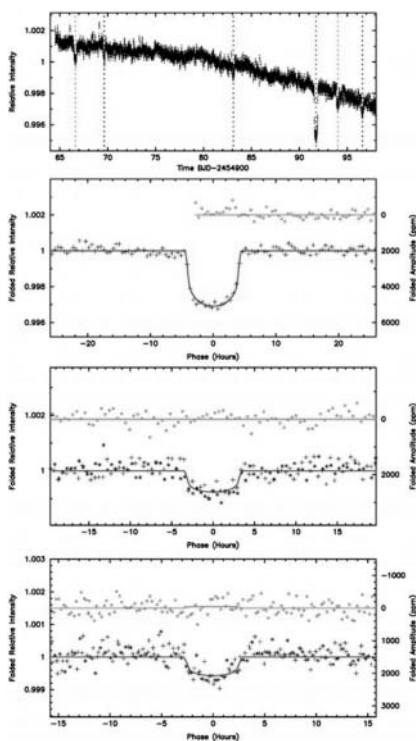
vagy óceánnal borított, a lakhatósági zónában keringő kőzetbolygók – esetében több átvonulást is kimutassunk, hónapokat, vagy éveket kell várni. Az új Kepler-bolygók közel keringenek központi égitestjükhöz, keringési periódusuk 3,2 és 4,9 nap közé esik. Felszíni hőmérsékletük 1200 és 1700 fok közé tehető. Méretét tekintve a Kepler-4b a Neptunuszhoz hasonló, míg a többi bolygó a Jupiter méreténél valamivel nagyobboknak adódott. Az új bolygók csillagai Napunknál nagyobb tömegűek és forróbbak (13. ábra).

Mielőtt – egy kis képzavarral élve – a Föld-szerű bolygók özöne a Földre zúdulna, a Kepler 2010 júniusában adott egy kis ízelítőt abból, hogy mi várható a közeljövőben. Ekkor ugyanis 706 csillag adatait tették közzé, amelyek fényességváltozásában bolygóátvonulásra utaló jelet (tranzitot) azonosítottak. A jelölteknek egy sor szűrőn kell keresztülmenniük, amelyek a hasonló jeleket okozó égitesteket hivatottak kirostálni. Legtöbbször egy, a célponttal véletlenül egy irányban látszó fedési kettőscsillag okozhat tranzitszerű fényességsökkenést. Így a közzétett 706 jelölt talán fele

lehet ténylegesen bolygó. A fedést okozó égitest tömegének spektroszkópiai úton történő meghatározása alapozza meg majd a végső besorolást. Mindez azonban rendkívül időigényes, és földi távcsövek garnadájának bevetését is igényli. A 706 jelöltből a 400 legígéretesebbet a Kepler-csoport visszatartotta, további megerősítés céljából. Minden valószínűség szerint ezek lesznek az igazán érdekes rendszerek.

A nagy elemszámú minta és a folyamatos mintavétel sok érdekes megálapítást tesz lehetővé. Így például a jelöltek között öt többszörös fedést mutató csillag is van. Ha sikerül megerősíteni a kísérő égitestek bolygó voltát, ezek lesznek az első olyan bolygórendszerek, ahol több bolygó is periodikusan a csillag korongja elé kerül.

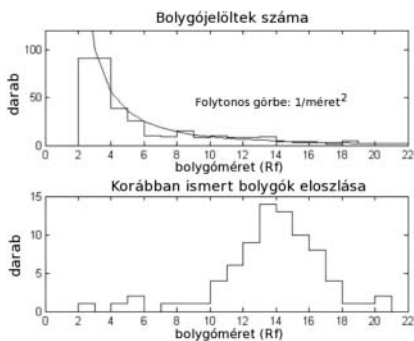
Négy csillagnál két különböző karakterű fedés van jelen eltérő periódusokkal, egy csillagnál pedig három különböző bolygó okozhatja a fedéseket (14. ábra). A többszörös fedéseket mutató rendszerek nagyon fontosak, mert alkalmasak lehetnek arra, hogy a tranzitok időpontjában bekövetkező szisztematikus eltérésekből a rendszerben jelen lévő többi bolygó hatását is tanulmányozzuk, ezáltal tömegükre, pályájuk alakjára, körülöttük keringő holdak jelenlétére következtessünk. A bolygójelöltek vizsgálata azt mutatja, hogy többségük Neptunusz méretű, illetve kisebb, míg az eddigi fedési bolygók Jupiter-méretűek voltak (15. ábra). Ezek szerint jó esély van arra, hogy sok Földhöz hasonló bolygót találjon a Kepler. Már csak az a kérdés, hogy a hosszabb (néhány hónap vagy év) keringési idejű exobolygók között is többségben vannak-e a kisebb méretűek. Erre a kérdésre e cikk olvasásakor már lehet, hogy kialakul a válasz.



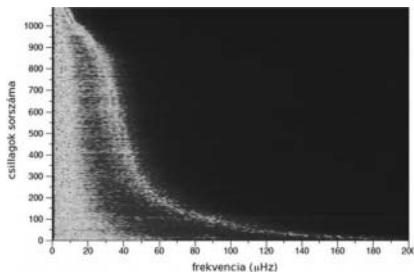
14. ábra. Három különböző égitesttől származó fedéseket mutat a KIC 8394721 jelű csillag. A tranzitok periódusa 13,48 nap, 27,41 nap, a harmadik bolygóé pedig ennél is hosszabb, így eddig csak egy fedést mutattak ki. A különböző méretű és pályájú bolygók eltérő hosszúságú és mélységű fedéseket hoznak létre.

Említettük, hogy az extrém pontosságú fényességmérés (amely a fényesebb célpontok esetében akár a milliomod résznyi pontosságot is eléri) a csillagok Nap típusú rezgéseinek vizsgálatára is kitűnően alkalmas, ez pedig a csillagok fizikai paramétereinek nagy pontosságú meghatározását teszi lehetővé. A Kepler-adatokból a csillagok globális paramétereit (sűrűségét, sugarát, tömegét, korát) is néhány százalék pontossággal határozhatjuk meg az asztroszeizmológia segítségével. Az asztroszeizmológia azonban nem áll meg itt, a csillagok forgását és mágneses ciklusait is tanulmányozza ezen sztochasztikusan gerjesztett p-módusok segítségével. Nemcsak a fősorozati, hanem a kiterjedt konvektív zónákat tartalmazó, héjégető vörös óriásági csillagok rezgéseit is zömmel Nap típusú oszcillációk uralják, melyek modellezésével a csillagfejlődési elméletek tesztelésére nyílik lehetőség (16. ábra).

A Nap típusú oszcillációkat mutató csillagokon kívül a klasszikus pulzáló változócsillagok is új megvilágításba kerülnek a Kepler ultraprecíz és megszakításoktól mentes adatsorai által. Itt csak a legfontosabb, már elért eredmények és a fantasztikus lehetőségek felvillantására van lehetőségünk. Az RR Lyrae csillagoknál a pontos és folyamatos adatsor remek lehetőséget jelent a mindmáig rejtélyes Blazsko-effektus tanulmányozására (17. ábra). A jelenség lényegét jelentő amplitúdó- és fázismoduláció előfordulási gyakorisága, a modulációs jellemzők és azok hosszú távú változásai – melyek mind-mind kitűnően vizsgál-



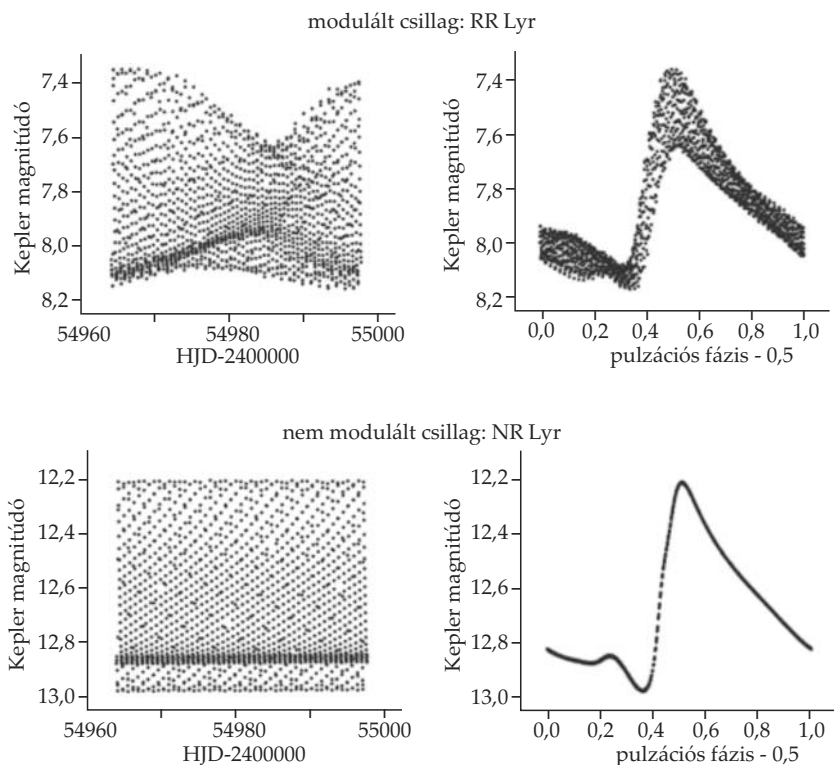
15. ábra. A Kepler-minta és a korábbi ismert fedési exobolygók méreteloszlása. A vízszintes tengelyen a bolygó sugarát Föld-sugár egységben tüntettük fel. Felül a Kepler bolygójelöltjei, alul a korábbi felfedezésű exobolygók láthatók. Jól látszik, hogy a korábbi minta Jupiter-szerű bolygóival szemben a Kepler mérései szerint a Neptunusz méretű és kisebb bolygók alkotják az exobolygók többségét.



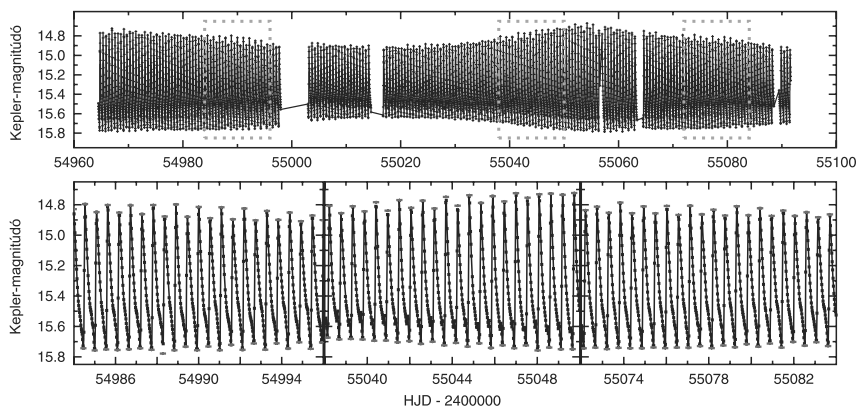
16. ábra. Vörös óriáscsillagok frekvenciaspektrumai az égitestek mérete alapján sorba rendezve. A Nap típusú rezgések jól látható sorozatot rajzolnak ki.

hatók a Keplerrel – fontos megszorításokat jelentenek a modellek számára. A magyar Kepler-csoport vezetésével olyan új dinamikai jelenséget (perióduskettőződést) sikerült kimutatni néhány Blazsko-effektust mutató Kepler-csillagban – köztük magán az RR Lyrae-n –, ami reményeink szerint közelebb visz a több mint száz éve felfedezett, de mindmáig rejtélyes jelenség megértéséhez (18. ábra).

A *mirák és félszabályos változók* szeizmológiája révén a konvekción és a tömegvesztésen kívül a szintén nem értett hosszú másodperiódusokat is minden eddiginél részletesebben vizsgálhatjuk. A *nemradiális módusokban pulzáló csillagoknál* az egyik legizgalmasabb feladat a korábban már említett hibrid csillagok tanulmányozása. *Fedési kettőscsillagoknál* a fedésből nyerhető asztrofizikai információkat kiegészíthetjük az akár mindkét komponensnél



17. ábra. Balra egy modulált és egy nem modulált RR Lyrae csillag 43 napos fénygörbéje. A jobb oldalon a pulzációs periódussal összetekert fénygörbék láthatók.



18. ábra. Perióduskettőződés a V808 Cygni (KIC 4484128) nevű, Blazsko-effektust mutató RR Lyrae csillag különböző Blazsko-fázisainál. Az alsó panel a felső fénygörbe kinagyított részzeit mutatja. Figyeljük meg a változó maximum- és minimumfényességeket!

külön elvégezhető asztroszeizmológiai analízissel, ami új távlatokat nyit a kettőscsillagok fizikájában. Így kincsesbánya a Kepler által észlelt mintegy 1800 fedési kettőscsillag, amelyek 80%-a a Kepler új felfedezése. A Kepler-mezőben négy nyílthalmaz is van; ezek mindegyike fontos célpont. Az NGC 6791 a legidősebb, korát 10 milliárd évre becsülik, paradox módon fémtartalmát tekintve a legtöbb nehézelem a négy közül ebben a halmazban van. Az NGC 6866 a legfiatalabb, körülbelül 400 millió éves, az NGC 6811 és az NGC 6819 pedig közepesen idős nyílthalmazok. Fontos lesz kiaknázni a csillaghalmazokra alkalmazott asztroszeizmológia lehetőségeit. Az elméleti (például csillagfejlődési) modellek számára nemcsak a halmaztagok eddig is rendelkezésre álló közös kora, távolsága és kémiai összetétele jelent megszorítást, hanem új elemként a megfigyelhető Nap típusú oszcillációik is. A hosszú és folyamatos idősorok a *Nap típusú csillagok aktivitását* és aktivitási ciklusait is felfedik, ezzel pedig egyedülálló információt szerzünk Napunk aktivitásának különleges, vagy éppen átlagos jellemzőiről.

## A trónkövetelő(k)

A fotometriai idősorokat szolgáltató, itt bemutatott űrtávcsövek rendkívüli pontosságú, folyamatos, több évre kiterjedő megfigyelései egyedülálló lehetőséget teremtettek az asztrofizikában. Ezek az eszközök a bolygórendszerek kialakulásáról és fejlődéséről alkotott képünket forradalma-



*Működő és tervezett űrtávcsövek*

<i>Jellemző</i>	<i>MOST</i>	<i>CoRoT</i>	<i>Kepler</i>	<i>PLATO</i>
Főtükör szabad átmérője	15 cm	27 cm	95 cm	28×10 cm
Teljes tömeg	60 kg	630 kg	1039 kg	?
Optikai elrendezés	Makszutov-teleszkóp	afokális teleszkóp	Schmidt-rendszer	28 db refraktor
Detektor-rendszer	2 db Marconi CCD-chip 13μm	4 db EEV CCD-chip, 13,5μm	42 db EEV CCD-chip, 27μm	28×4×3854×3854 18μm
Össz pixelszám	2 megapixel	16 megapixel	95 megapixel	1660 megapixel
Színek	nincs	nincs/prizma	nincs	nincs?
Látómező	– változtatható	2,7×3,5 fok változtatható	105 négyzetfok fix	900 négyzetfok, változtatható
Terület	Egyenlítő-közel területek	Monoceros / Aquila, Serpens Cauda	Cygnus-Lyra	Tejút-közel területek
Folyamatos észlelés hossza	60 nap	150 nap / 50 nap	3,5 év (+ 2,5 év)	6 év
Indítás időpontja	2003. 06. 30.	2006. 12. 27.	2009. 03. 07.	2017/2018?
Indítás helye	Pleszeck, Oroszország	Bajkonur, Kazahsztán	Cape Canaveral, USA	–
Pálya jellege	Föld körüli, poláris	Föld körüli, poláris	Nap körüli, Föld-követő	L2 Lagrange- pont
Űreszköz keringési ideje	100 perc	103 perc	372,5 nap	365 nap

sítani fogják, csakúgy, mint a csillagokról szerzett ismereteinket. Emellett minden bizonnyal új jelenségek felfedezéséhez is el fognak vezetni, amint arra számos példát mutattunk. Mit hoz a jövő ezen a téren? Az világosnak látszik, hogy pénzügyi és tudományos megfontolásokból nem még nagyobb bolygókereső űrtávcsövet kell elképzelnünk, hanem több kis távcsőből álló együtttest, amelyek az egész égboltot, köztük a legfényesebb csillagokat is képesek lesznek monitorozni.

Az amerikai TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) hat kis méretű, nagy látószögű távcsövet tartalmazna, és 2 millió fényes csillag megfigyelésével mintegy 1000 exobolygót fedezhetne fel. Fellövését 2009-ben nem támogatta a NASA, sorsa e sorok írásakor bizonytalan. A legvalószínűbb, hogy a MOST, a CoRoT és a Kepler által kitaposott utat az európai PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of stars) űreszköz fogja folytatni, melynek véglegesítése 2011-re várható. A PLATO az eddig koncepciók továbbfejlesztése, azzal a fontos különbséggel, hogy nagyobb területet (több mint 900 négyzetfokot) tervez egyszerre megfigyelni, 28 kisebb (10 cm-es) távcsővel a fedélzetén. A legfényesebb csillagok – így a legközelebbi exobolygók – lennének a célpontjai, amelyek a legkönnyebben vizsgálhatók földi és űrbeli eszközökkel, például a Hubble-űrtávcső utódjával, az infravörösben működő James Webb űrtávcsővel. A CoRoT-hoz és Keplerhez hasonlóan, a tranzitmérések mellett asztroszeizmológiai vizsgálatok is szerepelnek a tervek szerint 2018-ban startoló ESA-űrtávcső programjában.

## Irodalom

- Astronomy and Astrophysics (2009) 506 (CoRoT különszám)  
 Auvergne, M., Bodin, P., Boisdard, L., et al. (2009) *Astron. & Astrophys.*, 506, 411  
 Borucki, W. J., Summers, A. L. (1984) *Icarus*, 58, 121  
 Borucki, W. J., Koch, D., Jenkins, J. et al. (2009) *Science*, 325, 709  
 Borucki, W. J. et al. (2010) arXiv:1006.2799  
 Bruntt, H. (2007) *CoAst.* 150, 326  
 Prsa, A., Batalha N. M., Slawson R. W. et al. (2010) arXiv:1006.2815  
 Rosenblatt, F. (1971) *Icarus*, 14, 71  
 Steffen, J. H. et al. (2010) arXiv:1006.2763  
 Struve, O. (1952) *The Observatory*, 72, 199  
 Szabó, R. Kolláth, Z., Molnár L. et al. (2010) *MNRAS*, arXiv:1007.3404

## Honlapok

- The CoRoT Instrument Handbook: <http://corotsoi.obspm.fr/webinstrument/payload.param>  
 MOST honlap: <http://www.astro.ubc.ca/MOST>  
 WIRE honlap: <http://www.ipac.caltech.edu/wire>  
 CoRoT honlapok: <http://smc.cnes.fr/COROT/index.htm>; <http://corot.oamp.fr>; <http://idoc-corot.ias.u-psud.fr/index.jsp>; <http://idoc-corot.ias.u-psud.fr/index.jsp> (publikus CoRoT-adatok)  
 Kepler honlapok: <http://kepler.nasa.gov>; <http://astro.phys.au.dk/KASC>; <http://archive.stsci.edu/kepler/> (publikus Kepler-adatok)  
 PLATO honlap: [http://www.lesia.obspm.fr/perso/claude-catala/plato\\_web.html](http://www.lesia.obspm.fr/perso/claude-catala/plato_web.html)

## KUN MÁRIA

# Új ablakok a csillagközi anyagra

A Tejútrendszer tömegének 9–10 százalékát kitevő csillagközi anyag hőmérséklete nagyon széles tartományt ível át: a galaktikus síkban tömörülő óriás molekulafelhők 10 K körüli, a semleges hidrogénfelhők 80–100 K hőmérsékletűek. A forró, nagy tömegű csillagokat körülvevő ionizált területeken 10 000 K a tipikus hőmérséklet, míg a csillagok és a most említett felhők közötti tér legnagyobb részét millió kelvin hőmérsékletű, nagyon ritka gáz tölti ki. Az eltérő hőmérsékletű csillagközi felhők nagyon különböző hullámhosszakon figyelhetők meg. Látható fényt egyedül az ionizált hidrogénfelhők bocsátanak ki. A semleges és molekuláris gázfelhőkhez tömegüknek mintegy egy százalékát kitevő por is tartozik, amelynek hősugárzása infravörösben figyelhető meg. Az utóbbi néhány évben földi és űrobszervatóriumok új hullámhossztartományokon új ablakokat nyitottak a csillagközi anyagra. A *Spitzer-űrtávcső*, az *Akari* és a *Herschel* infravörös-űrobszervatóriumok a csillagközi anyag korábban soha nem látott tulajdonságait tárják fel. Közelel-infravörös és szubmilliméteres hullámhosszakon földi obszervatóriumokban is érdekes kutatások folynak.

### **Akari: az égbolt közép- és távoli-infravörös hullámhosszakon**

Az *Akari* japán infravörös-obszervatórium 2006–2007-ben a teljes égboltot feltérképezte. Két fő műszere volt: az *IRC* (Infrared Camera) közép-infravörös tartományon, 9 és 18 mikrométeren, míg a *FIS* (Far Infrared Surveyor) a távoli-infravörösben, 65, 90, 140 és 160 mikrométeren térképezett. A *FIS* és *IRC* pontforrás-katalógusokat 2010 márciusában publikálták. Az *IRAS* 1983-as felmérése óta az *Akari* az első infravörös-obszervatórium, amely teljes égfelmérést végzett, természetesen annál sokkal jobb szögfelbontással és érzékenységgel.

## Spitzer: a fiatal csillagok környezete

A *Spitzer*-űrtávcső erőssége a közép-infravörös (3–24  $\mu\text{m}$ ) tartomány. Ezen a hullámhossztartományon elsősorban a fiatal csillagok környezetében felfűtött por, a csillagokat övező protoplanetáris korongok, a születő csillagokat rejtő porgubók sugároznak. Ebbe a hullámhossztartományba esik a csillagközi por egyik fontos összetevőjének, a sokgyűrűs aromás szénhidrogén-molekuláknak néhány emissziós sávja is.

A csillagközi anyag új tulajdonságait tárta fel a *Spitzer GLIMPSE* (*Galactic Legacy Infrared Mid-Plane Survey Extraordinaire*) programja, amely a Tejútrendszer belső,  $\pm 60^\circ$  hosszúság és  $\pm 2^\circ$  szélesség közötti tartományait térképezte fel 3,6, 4,5, 5,8, 8 és 24  $\mu\text{m}$ -en. A *GLIMPSE* egyik legérdekesebb felfedezése a csillagközi buborékok sokasága volt (Churchwell et al. 2007; Watson et al. 2008). Ezeket a buborékokat mélyen a felhőkbe ágyazott, a Napnál 10–50-szer nagyobb tömegű fiatal csillagok intenzív csillagszelei fújják. Az 1. ábrán sokgyűrűs aromás szénhidrogén-molekulák emissziós sávjai adják a látványos buborék 8 mikrométeres sugárzásának zömét. Egy másik érdekes *GLIMPSE*-felfedezés elnevezése a *Spitzer*-képek színkódolásából ered. A több, különböző szűrővel készült képből összerakott képek színezésénél az összetevő képeket a növekvő hullámhosszak sorrendjében kék, zöld és vörös színekkel kódolják. A *Spitzer*-képeken általában a 4,5 mikrométeres sugárzást mutatja a zöld szín. A nagy tömegű csillagok születési helyeiről készült *GLIMPSE*-képeken feltűnő zöld területek látszanak, amelyek azt mutatják, hogy ott a 4,5 mikronos sugárzás a legerősebb. Noha valójában nem zöldnek, mégis *kiterjedt zöld objektumoknak* (*Extended Green Object, EGO*), vagy *zöld maszatoknak* (*green fuzzies*) nevezték el őket. A 2. ábrán (lásd a színes melléklet V. oldalán) az NGC 7129 csillagbölcső 3,6 (kék), 4,5 (zöld), 5,8 (narancs) és 8 mikrométeres (rózsaszín) képekből összetett, színezett képén jól láthatók ezek a zöld területek. Több mint 300 *EGO*-t fedeztek fel a *GLIMPSE* adatbázisban (Cyganowski et al. 2008). Egyelőre nem teljesen világos, hogy mi lehet a



1. ábra. Csillagközi buborék 8 mikrométeren (*Spitzer GLIMPSE* képtárház: <http://www.astro.wisc.edu/sirtf/gallery-archive.html>)

kiterjedt 4,5 mikrométeres sugárzás forrása. Eddig mindössze egy ilyen objektumról készült spektrum a középínfravörös tartományon a 8 m-es Északi Gemini-távcsővel. A spektrum azt mutatja, hogy ez az objektum egyetlen vonalban sugároz, a molekuláris hidrogén 4,695  $\mu\text{m}$ -es vonalában. Mivel ezek az objektumok mindig nagy tömegű, születő csillagok közelében vannak, valószínűleg a fiatal csillagokból eredő nagy sebességű csillagszél gerjeszti a hidrogénmolekulákat. A vonal elemzése a sugárzó gáz hőmérsékletére körülbelül 2500 kelvint, felületi sűrűségére  $4 \times 10^{17}$  molekula/ $\text{cm}^2$  értéket adott. A gerjesztő csillag nagyon mélyen beágyazott fiatal objektum (De Buizer & Vacca, 2010).

## Herschel: a csillagközi por leghidegebb tartományai

Az ESA *Herschel*-űrobszervatóriumának első eredményei 2010 tavaszán jelentek meg. A *PACS* (Photodetector Array Camera and Spectrometer) 70 és 160 mikrométeren, a *SPIRE* (Spectral and Photometric Imaging Receiver) 250, 350 és 500 mikrométeren készít képeket. Ezek a hullámhosszokon a csillagközi tér leghidegebb régiói válnak láthatóvá. A csillagközi anyag eddig soha nem látott képe tárul fel. A Napnál 10–50-szer nagyobb tömegű csillagok születési helyei, az *infravörös sötét felhők* (lásd Meteor csillagászati évkönyv 2007, 173. o.), amelyek a *GLIMPSE*-képeken sötét sziluettként jelennek meg a 8 mikrométeres sávot kivilágító sokgyűrűs aromás szénhidrogén-molekulák fényes hátterén (azaz átlátszatlanok 8 mikronon!), a *SPIRE*-képeken fénylenek: hősugárzásuk zöme a távoli infravörösben távozik. A *HIGAL* (*Herschel Infrared Galactic plane Survey*) projekt során a Tejútrendszer centrális régióit térképezik fel, hasonlóan a Spitzer *GLIMPSE* projektjéhez. Az első, *PACS–SPIRE* kompozit képeken a csillagközi por szerkezetének eddig ismeretlen tulajdonságai fedezhetők fel. A 3. ábrán (lásd a színes melléklet V. oldalán) a Dél Keresztje csillagkép részlete látható a *PACS–SPIRE* hullámhosszokon. Feltűnő a közeg szálas, filamentáris szerkezete. Ez a szerkezet arra utal, hogy a csillagközi anyag állandó örvénylő mozgásban van, és szerkezetét a felhők ütközései alakítják ki. A filamentek mentén sok helyen figyelhetők meg sűrű csomók. Ebből a csillagkeletkezés dinamikus képe rajzolódik ki: a felhők szuperszonikus ütközései szálas szerkezetet alakítanak ki, és a szálas gravitációs instabilitása hozza létre a csillagképző sűrű felhőmagokat. Az azonos területről öt sávban készült kép elemzése lehetővé teszi a hőmérséklettérképek készítését. Az infravörös sötét felhők és a csillagtalan felhőmagok hőmérséklete 7–15 K közt van (Molinari et al. 2010).

## A Gould-öv távoli-infravörösben – csillagok tömegeloszlásának eredete

A *Gould-öv* fényes csillagok gyűrűje a Nap mintegy 1 kiloparszek sugarú környezetében, amelynek létezését 1874-ben mutatta ki *Benjamin Gould*. A gyűrű síkja  $18^\circ$ -os szöget zár be a Tejút síkjával. Később kiderült, hogy a fényes csillagokon kívül csillagközi felhők, csillagkeletkezési régiók is tartoznak hozzá, és valójában nem is gyűrű, inkább korong. Galaxisunknak ez az a tartománya, ahol a csillagkeletkezést és a csillagfejlődés korai szakaszait részletesen, nagy térbeli felbontással vizsgálhatjuk. A Gould-öv vizsgálata mind a Spitzer-, mind a Herschel-űrtávcső programjában fontos helyet kapott. A távoli-infravörösben a csillagkeletkezés kezdőfeltételeit és legkorábbi szakaszait figyelhetjük meg. Mivel a Gould-öv közeli felhőinek viszonylag jól ismerjük a távolságát, az őt „színben” mért fluxusokból meghatározható az egyes felhők és sűrű felhőmagok tömege. Régóta megválaszolatlan kérdés, hogy milyen hatások alakítják ki a molekulafelhőkben keletkező csillagok tömegeloszlását, a *kezdeti tömegfüggvényt*. A legelső eredmények arra engednek következtetni, hogy a csillagok tömegeloszlása már születésük előtt kialakul: a csillag nélküli (presztelláris) sűrű felhőmagok tömegeloszlása ugyanolyan, mint az újszülött csillagoké. Az Aquila csillagkép 11 négyzetfokos területéről készült *Herschel PACS* és *SPIRE* képeken (4. ábra, lásd a színes melléklet VI. oldalán) 541 olyan felhőmagot azonosítottak, amelyek gravitációsan kötöttek, de nincs bennük csillag. Ezek a felhők mintegy 260 parszek távolságban vannak tőlünk. Tömegeloszlásuk hasonló a csillagok születési tömegeloszlásához (André et al. 2010; Könyves et al. 2010).

### A hidrogénmolekula,

amelyre a *GLIMPSE*-képek segítségével már vethettünk egy pillantást, a csillagközi molekuláris gáz fő összetevője. A molekulafelhők 10 K körüli hőmérsékletén azonban a hidrogénmolekula nem ad életjelt magáról, egyetlen energiaátmenete sem gerjeszthető, tehát nem sugároz. Olyan helyeken figyelhetjük csak meg, ahol a gáz beágyazott fiatal csillagok sugárzásának és szelének van kitéve, például a fent említett „zöld” objektumokban. A hidrogénmolekula leggyakrabban megfigyelt,  $2,12\ \mu\text{m}$  hullámhosszú vonala fiatal csillagok környezetében gerjesztődik, ahol a nagy sebességű, bipoláris csillagszél részecskéi a környező hideg molekuláris gázzal ütköznek.

A *2MASS* (2 Micron All Sky Survey) széles sávú 2 mikronos ( $K_s$ ) képein is megjelennek olyan világító felhőcskék, amelyekben feltehetően a gerjesztett hidrogénmolekula világít. A  $K_s$  szűrő hullámhossztartománya azonban sok-

kal szélesebb, mint ez a vonal, és nem lehet megkülönböztetni a gerjesztett gázfelhőt a beágyazott csillag porgubóról szóródó fényétől. Ezért a 4,2 m-es UKIRT (*United Kingdom Infrared Telescope*) távcsővel keskeny sávú szűrővel térképezik fel a Tejútrendszer síkjában a hidrogénmolekula sugárzását (UWISH2: *UKIRT Wide Field Survey for H<sub>2</sub>*). A felmérés 150 négyzetfokra, a  $10^\circ < l < 65^\circ$ ;  $-1^\circ < b < +1^\circ$  tartományra terjed ki, és eredményeként sokkal részletesebb képünk lesz a felhőkbe ágyazott fiatal csillagok környezetéről, környezetükkel való kölcsönhatásaikról. Az 5. ábrán (lásd a színes melléklet VI. oldalán) egy nagy tömegű, korai B típusú beágyazott csillag (G35.2-0.74N) környezetének három, közeli-infravörös szűrős képéből összetett kép látható (kék: 1,2  $\mu\text{m}$  (J sáv), zöld: 2,2  $\mu\text{m}$  (K sáv), piros: H<sub>2</sub> molekula).

### Fénylő felhők és felhőmagok

A közeli- és közép infravörös hullámhosszak még további lehetőségeket tartogatnak a hideg, sűrű por-gázfelhők megismerésére. A felhők porszemcséiről szóródó fény kirajzolja a felhők alakját, és a szórt fény intenzitása arányos a por sűrűségével. Minél nagyobb porszemcsékből áll egy felhő, annál hosszabb hullámhosszú fény hatékony szórására képes. A felhők belsejében, védve a környezet sugárzásától, nagyobb porszem-

csek alakulhatnak ki. Ezért, míg az óriás molekulafelhők nagy léptékű szerkezete közeli-infravörös szórt fényben (például a 2MASS képeken) vizsgálható, a sűrű felhőmagok a *Spitzer* 3,6 és 4,5 mikronos képein fénylenek. A 6. ábrán (lásd a színes melléklet VII. oldalán) a Perseus csillagképben a Lynds 1448 sötét felhőt láthatjuk közeli-infravörös szórt fényben, a 7. ábra pedig a Lynds 183 legsűrűbb tartományait 3,6 mikronon. Mivel a por nagyon hideg az ilyen kis sötét felhőkben, hősugárzást csak távoli-infravörösben bocsát ki. A 3,6 mikronos sugárzás forrása a környező csillagoknak a felhő belsejének nagyra nőtt porszemcséiről szóródó fénye (Foster & Goodman 2006; Steinacker et al. 2010).



7. ábra. Nagy porszemcséken szóródó közép infravörös sugárzás: a Lynds 183 sűrű felhőmag 3,6 mikrométeren.

## ATLASGAL: a Tejút szubmilliméteres képe

Minél hosszabb hullámhosszakon térképezzük fel a Tejútrendszer korongját, annál mélyebben látunk be a felhők belsejébe, és annál pontosabban határozhatjuk meg a hideg por mennyiségét. A szubmilliméteres fotonok a földi légkör alsóbb régióiba nem jutnak le, ezért a szubmilliméteres teleszkópok a legmagasabban fekvő földi obszervatóriumokban működnek. Az *APEX* (*Atacama Pathfinder Experiment*) például Chilében, az 5100 m tengerszint fölötti magasságú Chajnantor-fennsíkon. Az *APEX LABOCA* (Large Bolometer Camera) nevű műszerével 870 mikrométeren térképeznek fel a Tejútrendszer síkjának centrális tartományában egy 360 négyzetfoknyi területet. Az *ATLASGAL* (*APEX Telescope Large Area Survey of the Galaxy*) rendkívül érzékeny felmérés: képes néhány naptömegnyi felhő kimutatására 1 kpc távolságból. A 8. ábrán (lásd a színes melléklet VIII. oldalán) az *ATLASGAL* szubmilliméteres forrásait a piros szín mutatja, míg a kék és a zöld a háttérként használt *MSX* 8,28 és 14,65 mikronos infravörös képe (Schuller et al. 2009).

## Gammasugarak mint a hideg gáz nyomjelzői

A szupernóva-maradványok a galaktikus kozmikus sugárzás fő forrásai. A hideg, sűrű csillagközi gázfelhők a kozmikus sugárzás nagy sebességű részecskéivel kölcsönhatva gammasugárzást bocsáthatnak ki. A *W28* nevű, legalább 35 ezer éves, tőlünk mintegy 2 kiloparszek távolságban található szupernóva-maradványt molekulafelhő-rendszer veszi körül, így kiváló hely ennek az elképzelésnek a tesztelésére. Az *AGILE* olasz gammaobszervatórium két gammaforrást észlelt a *W28* környezetében, amelyek pontosan egybeesnek két korábban szén-monoxidban feltérképezett sűrű molekulafelhő-csomóval. A felhőcsomók kölcsönhatását a szupernóva-maradvánnyal az azonos radiális sebességek bizonyítják (Giuliani et al. 2010). A gammaforrásokat a *NASA Fermi-LAT* (*Large Area Telescope*) gammasugár-obszervatóriuma is megfigyelte (Abdo et al. 2010).

Mivel a *Fermi-LAT* folyamatosan gyűjti az adatokat, a gammasugár-térképek új lehetőséget adnak a hideg, sűrű csillagközi gáz vizsgálatára. Mivel nemcsak a szupernóva-maradványok, hanem a nagy tömegű protocsillagok is gyors részecskék forrásai, és mindig van nagyon sűrű gáz a környezetükben, megvizsgálták, milyen körülmények közt gyorsulhatnak fel a protocsillagokból kiáramló szél részecskéi a gammasugárzás kibocsá-



tásához szükséges relativisztikus sebességekre. A számítások szerint a gammacsillagászati mérések alkalmasak a csillagkeletkezési régiókban uralkodó fizikai körülmények és az összetett részecskegyorsítási folyamatok vizsgálatára (Bosch-Ramon et al. 2010).

### Irodalom

- Abdo, A. A. et al. 2010, *ApJ*, 718, 348  
André, Ph. et al. 2010, *A&A*, 518, L102  
Bosch-Ramon, V. et al. 2010, *A&A*, 511, A8  
Churchwell, E. et al. 2007, *ApJ*, 670, 428  
Cyganowski, C. J. et al. 2008, *AJ*, 136, 2391  
De Buizer, J. & Vacca, W. D. 2010, *AJ*, 140, 196  
Foster, J. & Goodman, A. 2006, *ApJ*, 636, L105  
Giuliani, A. et al. 2010, *A&A*, 516, L11  
Könyves, V. et al. 2010, *A&A*, 518, L106  
Molinari, S. et al. 2010, *A&A*, 518, L100  
Steinacker, J. et al. 2010, *A&A*, 511, A9  
Schuller, F. et al. 2009, *A&A*, 504, 415  
Watson, D. F. et al. 2008, *ApJ*, 681, 1341  
<http://oshi.esa.int/> online showcase of Herschel images

HEGEDÜS TIBOR

## A Tejútrendszer napjainkban

Az elmúlt évtizedek látványos technikai fejlődése – párosulva a csillagászat sok évszázad alatt kifinomult módszereivel, felgyülemlett adattömegével és a korszerű számítástechnika sokrétű eszközkészletével – megdöntő új tényeket szolgáltatott tágabb hazánk, a Tejútrendszer szerkezetéről, alrendszerének életéről. Minthogy a Meteor csillagászati évkönyv korábbi köteteiben nem szerepelt e téma áttekintése, időszerű a továbbra is helytálló legfontosabb megállapítások, törvényszerűségek összefoglalása és ötvözése a feltárt új ismeretekkel.

### A Tejút kultúrtörténete, kutatásának mérföldkövei

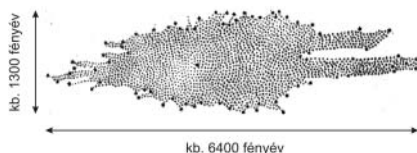
A mai ember számára nehéz elképzelni, mit is láthattak távoli őseink egy újhold körüli, tiszta éjszakán. Fényszennyezés híján a ma látható csillagoknál sokszorta több tárulhatott a szemük elé. Ilyen égi kárpiton lebilincselő látványként tárulkozott fel a Tejút sávja, amelynek általánosan használt elnevezése az ókori görögöktől ered: 'galaxia' (Γαλαξίας). A monda szerint Zeusz halandó nőtől (*Alkmenetől*) származó gyereket Herkulest a felesége, Héra szoptatta, hogy halhatatlanná váljon. A már csecsemőként is gigászi erejű Herkules olyan erővel szopta a tejet, hogy az kifröccsent és végigömlött az égen – ez lett a Tejút... De az őrmény mitológiából eredeztethető módon Közel-Keleten (és még észak-afrikai törzsek körében is) a szalmatolvaj nyoma névvel illetik: a menekülő szalmatolvaj kocsijáról lehulló és szerteszóródott szalma nyomaként. Közép-Afrikában a busmanok az éjszaka gerincének nevezik, amely egyúttal tartja is az égboltot. Nemkülönbön csodaszép a székely–magyar elnevezés: a Hadak útja, avagy Csaba királyfi útja – amelyen a legendás uralkodó majd visszatér hű seregével megsegíteni sokat szenvedett népét. De hogy mi is valójában a Tejút, nagyon sokáig rejtély maradt...

Az európai tudományos gondolkodás bölcsőjének tekintett ókori görögöknél Démokritosz (Kr. e. 460 körül–370 körül) és Anaxagorász (Kr. e. 500–428) már „ködös fényű” csillagok összeolvadó fényének vélte, de például Arisztotelész (Kr. e. 384–322) nagyon is közelinek gondolta: a csillagokból eredő gyúlékony kipárolgásoknak a Föld felső légköri rétegeiben történő égésének... Az első, tudományos igényű méréses bizonyítással Al-Haitham (Alhacén, 965–1037) arab csillagász próbálkozott: a Tejút parallaxisát akarta megmérni. Minthogy a kísérlet negatív eredménnyel zárult, helyesen arra következtetett, hogy igen messze kell lennie tőlünk.

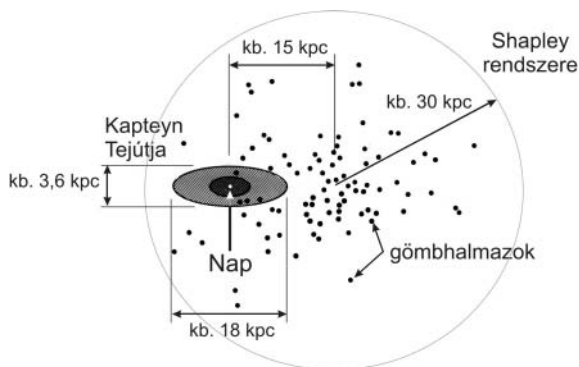
A következő lényegi előrelépés természetesen a távcső feltalálásával történhetett meg: Galileo Galilei (1564–1642) távcsövének tökéletlenségei ellenére is csillagok ezreire bontotta fel a Tejút sávját. Immanuel Kant (1724–1804) megállapítása már a korszerű szemlélet előfutárává vált: csillagokból álló, forgó testnek vélte (1755), amit saját gravitációja tart össze. De még fontosabb a forradalminak mondható megállapítása: mi benne vagyunk ennek a belsejében, és az égen a rendszer perspektivikus képe látható. Az izgalmas kérdésre, hogy vajon e kozmikus „erdő” belsejéből meg tudjuk-e határozni saját méretét és alakját, a modern csillagászat atyjának is nevezett William Herschel (1738–1822) kísérelt meg választ adni. Azt feltételezve, hogy a csillagok közel azonos fényességűek és térbeli sűrűségük mindenhol azonos, vagyis a különböző égi irányokban, adott térszögben látszó csillagok száma az abba az irányba eső kiterjedéssel arányos, Herschel meghatározta a Tejútrendszer alakját (1. ábra).

A Herschel által eredményül kapott kép, bár még messze áll a maitól, de jelentős előrelépésnek tekinthető. Különösen fontos, hogy a Napunk helye – nagyon helyesen – már nála sem a középpontban lévőnek adódott. Ezt az eredményét 1785-ben tette közzé, majd a kérdéssel tovább nem foglalkozott. Bár módszere kitűnő volt, de két helytelen feltételezés (a csillagok fényessége nem egyforma, térbeli sűrűségük pedig nem azonos a Tejútrendszer minden tartományában), valamint az akkor még nem ismert csillagközi extinkció hatása jelentősen torzította a végeredményt. Ekkortájt még semminemű távolságmérési eljárás nem állt a csillagászok rendelkezésére, így a Tejút valós mérete sem volt ismert.

Minderre még csaknem egy évszázadot kellett várni, amikor is a Harvard Obszervatórium fotólemezeinek Edward C. Pickering vezeté-



1. ábra. Herschel rajza a Tejútrendszeréről (saját csillagszámlálásai alapján). A Nap a szabálytalan alakzat közepétől kissé balra látható fekete pont.



2. ábra. Kapteyn és Shapley Tejútrendszerének összehasonlítása. Forrás: saját rajz, L. Kühn: *The Milky Way* (John Wiley & Sons, Chichester, 1982, p17) alapján.

sével végzett szisztematikus átvizsgálása során 1893–1906 között Henrietta Leavitt (1868–1921) felfedezte a változó fényű csillagok egyik jellegzetes csoportjának különös viselkedését. A csillagok ma cefeidák néven ismert csoportjának fényváltozási periódusa és fényessége között szoros összefüggést mutatott ki. Arra, hogy ez a felfedezés a csillagközi távolságok új mérési módszerét is jelenti egyúttal, a dán Ejnar Hertzsprung (1873–1967) mutatott rá, aki 1913-ra elvégezte a módszer kalibrálását. Bár egy egyszerű elírás miatt egy nagyságrenddel kisebb távolságot közölt az Androméda-galaxis (M31) távolságára (nagyjából 250 000 fényévet), mégis, minthogy ez is nagyon nagy érték volt,<sup>1</sup> tulajdonképpen megkezdődhetett kozmikus látóhatárunk „kitágulása”.

Részben a kezdeti távolságmérések durva hibái miatt tartotta magát a spirális és ovális ködösségek és a Tejútrendszer viszonyának a tisztázatlansága: nem volt világos, hogy vajon ezek a mi rendszerünk részét képezik-e, vagy önálló, távoli „csillagszigetek”. Harlow Shapley (1885–1972) a gömbhalmazok távolságának meghatározásával foglalkozva szintén a cefeidák periódus-fényesség relációja alapján arra következtetett, hogy a gömbhalmazok nem illeszkednek az akkor legelfogadottabb Kapteyn-féle Tejútrendszer-modellbe: annál sokkal nagyobb méretű, gömbszerű térrészt töltenek ki, amelyben Napunk a középponttól jelentősen eltérő helyen található (2. ábra).

<sup>1</sup> Herschel 1785-ben még csak a Sirius távolságának körülbelül 2000-szeresére tette az Androméda-köd távolságát (ez a Sirius pontos távolsága ismeretében 17 000 fényév lenne).

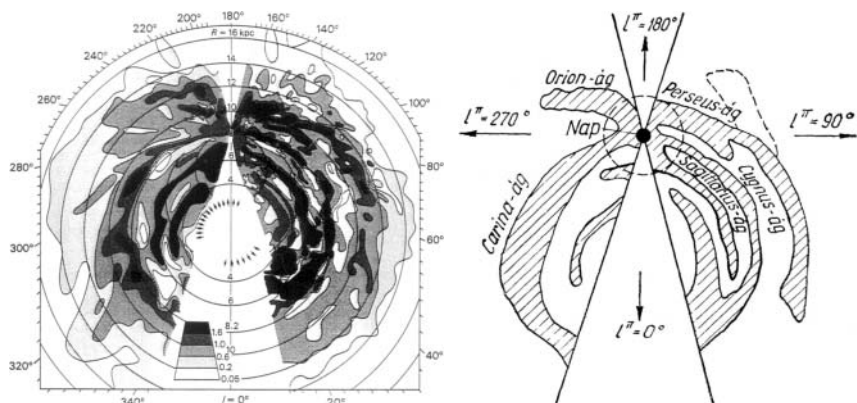
Tekintve, hogy az Androméda-köd távolságát ekkor még a mainál jóval kisebb értékűnek ismerték, amely összemérhető volt a gömbhalmazok által kijelölt rendszer méreteivel, Shapley úgy gondolta, hogy a Tejútrendszerként ismert formáció maga az egész Világegyetem – és a spirális ködök is beletartoznak.

A konkurens elmélet szerint azonban a Tejútrendszerünk nem azonos az egész világmindenséggel, annál sokkal kisebb, és a spirálködök a Tejútrendszertől lényegesen távolabbi csillagszigetek. Ezt vallotta Heber Curtis (1872–1942) is. Az Androméda-galaxisban hosszabb időszak alatt megfigyelt nővák számának és átlagfényességének a tejútrendszerbeliekkel történő összehasonlításából ezen túlmenően még azt a megállapítást is tette, hogy a különféle galaxisoknak egyedi a csillagkeletkezési ütemük és a fejlődéstörténetük, amely akár jelentősen is eltérhet a mi Tejútunkétól. A két nézet e két nagyszerű csillagász történelmi vitájában, a „Nagy Vita”-ban (*grand debate*) 1920. április 26-án a Smithsonian Természettudományi Múzeumban nagy sajtónyilvánosság mellett zajlott le. Noha látszólag Curtis győzelmét hozta, a csillagászat későbbi ismeretei tükrében sok szempontból Shapley érvei és gondolkodásmódja következetesebbek és a valósághoz közelebb állók voltak (például Curtis a Tejútrendszert sokkal kisebbnek gondolta, és nála is a középpontban helyezkedett el a Nap).

Néhány évvel később pedig egy új, minden korábnál hatalmasabb távcső alkalmazásával végérvényesen eldőlt a vita: a 2,5 méteres Wilson-hegyi Hooker-távcsővel Edwin Hubble (1889–1953) cefeida változócsillagokat tudott azonosítani néhány spirális köd peremvidékén. Ezek fénygörbéjének kimérésével, a már korábban említett periódus-fényesség reláció alkalmazásával viszonylag pontos távolságot tudott meghatározni – és gigászi távolságértékek jöttek ki –, tehát a Tejútrendszer eltörpül a Világmindenség méreteihez képest! Hubble és Milton L. Humason (1891–1972) a galaxisokról készített színeképfelvételeket a távolságadatokkal összevetve azt a meglepő felfedezést tették, hogy minél távolabbi egy spirálköd, annál nagyobb sebességgel távolodik tőlünk.

Mindezzel egy új tudományág is megszületett: a kozmológia, a Világmindenség nagy léptékű szerkezetének és időbeli fejlődésének kutatása. „Melléktermékként” pedig egy minden korábnál nagyobb távolságtartományokon működő távolságmérési módszer is a birtokunkba került. Bár látszólag messzire kalandoztunk témánktól, de az extragalaxisokról alkotott képünk szervesen összefügg a Tejútrendszerrel alkotott képünkkel.

Az utolsó lényegi lépést egy egészen újszerű technikával sikerült megtenni: Frank J. Kerr (1918–2000) és Gart Westerhout (1927–) a Tejútrendszer hidrogénfelhőinek a 21 cm-es vonalon történő feltérképezésé-



3. ábra. Kerr és Westerhout eredeti hidrogéntérképe és annak átrajzolt, értelmezett változata. Forrás: J. H. Oort, F. T. Kerr és G. Westerhout, 1958, MNRAS 118, 379 és pl. Kulin Gy., Róka G.: *A távcső világa* (Gondolat Kiadó, 1975, p 353.).

vel (3. ábra) feltárta a felhők térbeli elrendeződésének spirális mivoltát, ezzel bebizonyítva, hogy a Tejútrendszer valójában az égen látható spirálgalaxisok ikertestvére!

## A Tejútrendszer felépítése

Hogy megértsük a Tejútrendszer felépítését, gyermekkorunk kedvelt játékát, a szétszedés-összerakást követve a Tejutat is szedjük szét alkotórészeire, és ezeket csoportosítsuk összetételük és fizikai tulajdonságaik alapján a lehető legkevesebb típusba.

Miután elemeire szedtünk és csoportosítottunk mindent, ami a térben szétszóródva a Tejútrendszert alkotja, elkezdjük újra összerakni – először egy „statikus” képet felvázolva. Ez azt jelenti, hogy a mozgásviszonyokat nem, csak egy pillanatsfelvételnél megfelelő térbeli eloszlásokat vizsgáljuk. Majd megállapítjuk, hogy az alkotóelemek eloszlásaiban rendszer van, mindegyiknek egyedi jellemzői vannak. A kisebb mérettartományban saját struktúráját, belső fejlődéstörvényeket mutató, de ugyanolyan alkotóelemekből álló kisebb formációkból *alrendszereket* definiálunk. Végül pedig „mozgásba hozzuk” az egészet – azaz dinamikát adunk a rendszernek. Így fog felépülni az idealizált, a valóságosnál jobban áttekinthető modell-Tejútrendszerünk.

## A Tejútrendszer elemi építőkövei – anyagleltár

Tejútrendszerünk négy alapvető összetevőre bontható: csillagokra, gázra, porra és sötét anyagra. Mind a négy jellegzetes tulajdonságokkal bír, és egymástól erősen eltérő módszerekkel tanulmányozható.

### Csillagok

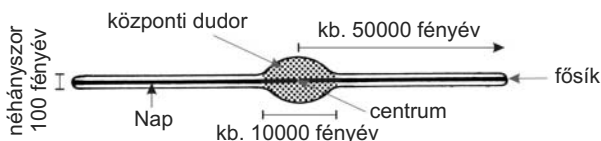
A *csillagok* önálló fénykibocsátásra képes, kozmikus „nehézelemgyárak”, hidrogénből héliumot és nehezebb elemeket fuzionáló, majd ezeket életük végén többé-kevésbé szétszóró tömegkoncentrátumok. A körülbelül 60 oktávnyi elektromágneses színekép valamennyi tartományában bocsátanak ki sugárzást, de legtöbbjük az energia döntő részét a látható fény 0,36–0,72  $\mu\text{m}$  közti hullámhossztartományában sugározza szét.

A csillagok száma Tejútrendszerünkben 100–200 milliárdra tehető. A csillagok térbeli sűrűsége a központi térségtől kifelé minden irányban gyorsan (exponenciálisan) csökken, úgyhogy a csillagok egy lapos tartományra koncentrálódnak – ezzel kijelölve egy síkot, a Tejútrendszer *fősíkját*. A síkban a központtól sugárirányban kifelé lassabban csökken a csillagok térbeli sűrűsége, mint arra merőlegesen bárhol is – azaz más az exponenciális eloszlásfüggvény kitevője. E ponton vezessük be az exponenciális eloszlás egy szemléletes paraméterét, a  $H$ -val jelölt *skálamagasságot*, amely a kitevőbeli hányados osztója:

$$N = N_0 e^{-\frac{h}{H}}.$$

$H$  ismeretében tetszőleges  $h$  távolságban megbecsülhetjük az objektum-típus  $N$  térbeli sűrűségét.

A Naprendszer elhelyezkedése szempontjából egyelőre annyival elégedjünk meg, hogy a fő sík közelében vagyunk, a Tejútrendszer centrumától körülbelül  $25\,000 \pm 1000$  fényévre (4. ábra). Ezzel egyidejűleg immáron ki is tűzhetjük a Tejútrendszer szerkezetének tárgyalásakor legcélsze-



4. ábra. A Tejútrendszer fősíkjára merőleges metszete („oldalnézete”) – a csillagok eloszlása. Forrás: saját rajz, L. Kühn: *The Milky Way* (John Wiley & Sons, Chichester, 1982, p69) alapján.

rűbb koordináta-rendszert: ennek kezdőiránya a Naptól a centrumhoz húzott egyenes, alapsíkja a fősík. Ebben a centrum irányától az északi galaktikus pólus felől nézve az óramutató járásával ellentétesen mérjük a *galaktikus hosszúság* koordinátát (0-tól 360 fokig, jele:  $l$ ), míg a síktól a galaktikus északi pólus felé 0-tól +90 fokig, a déli pólus felé pedig -90 fokig a *galaktikus szélesség* koordinátát (jele:  $b$ ).<sup>2</sup>

## Gáz

A Tejútrendszerben a csillaganyag össz tömegének néhány százalékára tehető gáz is található. A gáz több, egymástól lényegesen különböző fizikai állapotú csoportra bomlik: legnagyobb mennyiségben semleges hidrogéngázra (HI), ennél hidegebb és sűrűbb molekuláris (főleg  $H_2$ ) gázra és forróbb, ritkább ionizált (HII) plazmára.

A semleges hidrogén igen nehezen észlelhető, mivel a látható fénnel szinte semmilyen kölcsönhatásban nem áll, illetve a rajta keresztül utazó csillagfényből nagyjából ugyanazokon a hullámhosszokon nyel el elektromágneses sugárzást, ahol a csillagok légköre is – ezért mindaddig jobbra észre sem vehető a jelenléte, amíg mozgása erősen el nem tér a csillagokétól. Legkönnyebben akkor érhető tetten a jelenléte, ha kétvonalas fedési vagy spektroszkópiai kettőscsillag irányában fekszik egy sűrűbb, semleges gázfelhő. Ekkor amíg a kettős csillagainak vonalai a periódus során két határérték között változó mértékben eltolódnak, és az idő nagy részében eleve megkettőződve látszanak, addig a csillagközi gáz vonalai szimplák, és mindvégig azonos hullámhossznál maradnak.

A semleges hidrogéngáz átlagos sűrűsége a Tejútrendszerben  $2-3 \cdot 10^{-24}$  g/cm<sup>3</sup>, ami köbcentiméterenként 1–2 hidrogénatomot jelent. Az ütközés nélküli átlagos szabad úthossz csaknem 4 milliárd km (ez körülbelül 26 CSE, kicsivel kevesebb, mint a Neptunusz távolsága a Naptól), ami annyit jelent, hogy az átlagos 10 K körüli hőmérsékleten 2700 év telik el két H atom ütközése között – ez elegendő idő ahhoz, hogy a hatalmas térben az igen kis átlagsűrűség miatt elegendő H atom maradjon ütközés nélkül a hiperfinom állapotok közötti spontán ugrás bekövetkezéséhez. Az átmenet során kibocsátott sugárzás hullámhossza 21,1 cm (frekvenciája 1420 MHz). Az átmenet létre H. van de Hulst (1918–2000) mutatott rá 1944-ben, és először 1951-ben

<sup>2</sup> A galaktikus koordináta-rendszert 1958-ban rögzítette az IAU (Nemzetközi Csillagászati Unió). Kicsit eltér a Tejútrendszer fizikai középpontjának gondolt Sgr A\* pontszerű rádióforrás irányától. Annak koordinátái a galaktikus koordináta-rendszerben:  $l = 359^\circ 56' 39,5''$ ,  $b = -0^\circ 2' 46,3''$ . A galaktikus koordináta-rendszer  $l = 0$ ,  $b = 0$  kezdőirányának ekvatoriális koordinátái:  $17^h 45^m 37,224^s - 28^\circ 56' 10,23''$  (J2000), északi pólusáé ( $b = 90^\circ$ )  $12^h 51^m 26,282^s + 27^\circ 07' 42,01''$  (J2000).



észlelték rádiótávcsövekkel (Harold Ewen és Edward M. Purcell a Harvard Obszervatóriumban). Már a rádiócsillagászat korai időszakában kiderült, hogy a 21 cm-es rádióvonalban megfigyelhető hidrogéngáz nagy része egymástól elkülönülő hatalmas felhőkbe tömörül, amelyek a csillagokhoz hasonlóan oszlanak el a térben: egy vékony korong síkja közelében sűrűsödve, ugyanazt az alig néhány száz fényév vastagságú réteget kitöltve, amit a csillagok eloszlásánál is láttunk.

A semleges hidrogéntől lényegesen eltérő tulajdonságú az *ionizált* hidrogén. Látható fényben is észlelhető, a Balmer-vonalak gerjesztődése (az ionizáció nyomában járó rekombináció) esetén ( $H\alpha = 656,3$  nm vörös,  $H\beta = 486,1$  nm kék,  $H\gamma = 434,1$  nm ibolya stb.). A hidrogéngáz elsősorban a forró, fiatal csillagok UV sugárzása és a mindenütt jelen lévő kozmikus sugárzás hatására ionizálódhat. Az ionizált hidrogénfelhők átlagos hőmérséklete 8000 K, ami miatt forrónak mondjuk őket. Ennél lényegesen sűrűbbek lehetnek a nagyobb tömegű csillagok közelében található gázfelhők, amelyeket a csillagfény ultraibolya komponense ionizál. Ezen úgynevezett HII zónák sűrűsége akár ezerszerese is lehet a semleges hidrogénfelhőkének. Mivel a HII zónákban a H atommagok átlagos sebessége körülbelül tízszerese a semleges hidrogénfelhőkének, ami nagyobb nyomást is jelent (ehhez még hozzájárul a jelenlévő szabad elektrongáztól származó nyomás is), a HII zóna igyekszik terjeszkedni a semleges HI felhők rovására. A már ionizált gömbszerű térrész és a külső, még semleges HI közötti határvonalat nevezzük *ionizációs frontnak*. Ez a csillagközi térbeli hangsebességnél sokkal gyorsabban terjed (azaz szuperszonikus), de folyamatosan lassul. A csillag születése utáni 100 év elteltével még mindig 5000 km/s körüli! Sűrűbb tartományokat elérve mozgása ennél hamarabb is lelassulhat, a környező ritkább térben azonban az eredeti sebességgel folytatódik – így az ionizációs front lassan „körülfolyja” a sűrűbb, hidegebb tartományokat, jellegzetes, látványos alakzatokat: *globulákat*, *ormányokat* és *szigeteket* alakítva ki (1. kép a színes melléklet IX. oldalán).<sup>3</sup> Egy-egy csillag nyilvánvalóan csak bizonyos térrészt tud ionizálni, mivel időegység alatt véges számú fotont bocsát ki.

A forró, ionizált gáz speciális fajtája a *koronagáz*. Ennek jellemző hőmérséklete 1–10 millió K, hasonló a Nap koronájához (ezért is nevezik így), és rendkívül ritka is (alig ezred-százezred része a semleges H-felhőké-

<sup>3</sup> A becslések szerint ezeket a körülfolyt tartományokat a külső ionizált gáz nagyobb nyomása képes lehet olyan mértékben összenyomni, hogy belül a csillagkeletkezés megindulásához elegendő kritikus sűrűség is előállhat. Azaz a fiatal csillagok gerjeszteni tudják a közlükben újabb csillagok keletkezését.

1. táblázat. A csillagközi anyag főbb komponensei

<i>komponens</i>	<i>relatív térfogat</i>	<i>skála- magasság (pc)</i>	<i>hőmérséklet (K)</i>	<i>sűrűség (atom/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>hidrogén állapota</i>	<i>észlelhetőség</i>
molekulafelhők	< 1%	70	10–20	10 <sup>2</sup> –10 <sup>6</sup>	molekuláris	rádió + IR vonalak
hideg felhők	1–5%	100–300	50–100	20–50	semleges atomos	HI 21 cm absz. vonal
meleg felhők	10–20%	300–400	6000–10000	0,2–0,5	semleges atomos	HI 21 cm emissziós vonal
forró, ionizált felhők	20–50%	1000	8000	0,2–0,5	ionizált	H $\alpha$ emisszió
koronagáz	30–70%	1000–3000	10 <sup>6</sup> –10 <sup>7</sup>	10 <sup>-4</sup> –10 <sup>-2</sup>	ionizált (fémek is)	röntgen, UV absz. vonalak
HII régiók	< 1%	70	8000	10 <sup>2</sup> –10 <sup>4</sup>	ionizált	H $\alpha$ emisszió

nek). Ez a csillagközi plazma lényegesen vastagabb rétegben oszlik el a Tejútrendszer síkjában, körülbelül 10 000 fényévi vastagságban – ez tölti ki a *vastag korongot*, sőt egészen magas galaktikus szélességeken is megtalálható (ez utóbbit nevezzük *galaktikus koronának*).

Földi életünk eredete számára is különösen fontos komponens a *molekuláris gáz*, aminek legfőbb összetevője a H<sub>2</sub>. Ez látható fényben alig észlelhető, a csillagok fényével szinte semmilyen kölcsönhatásban nincs. Azonban a molekula különböző rotációs és vibrációs állapotai közötti átmeneteknek megfelelő, egymáshoz közeli hullámhosszú vonalakkal álló sávokban jól észlelhető. Ezek energiaszintjeinek megfelelően elsősorban infravörösben láthatóak (például 1,14, 1,4, 2, 9,6, 12,3, 17 és 28,2  $\mu$ m környékén). A csillagközi térben bonyolultabb molekulákat is találtak, legelőször az 1930-as években: CH, CH<sup>+</sup> és CN molekulákat. A rádiócsillagászat fejlődésnek indulása után, J. Sz. Sklovszkij (1916–1985) 1953-ban megjósolta az OH molekula észlelhetőségét is, a 18 cm-es hullámhossz környékén. Ezt 10 évvel később sikerült is kimutatni. Mára több tucatnyi szerves, sőt szerves (!) molekulát is észleltek. Csak néhány példa: CO, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, SiO, HCN, HCOOH, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH. Érdekes kérdés, hogy a csillagközi tér elképesztően kis sűrűségű közegében, a kozmikus sugárzás roncsoló

hatásának is kitéve, hogyan keletkezhetnek mérhető mennyiségben egészen nagy molekulák is. A válasz egyik része a felfoghatatlanul hosszú, az anyag „bonyolódása” számára rendelkezésre álló idő. A másik része a Tejútrendszer további alkotóelemének, a *pornak* a hatása. Főleg emiatt a molekulában gazdag felhők a leghidegebb tartományok a Tejútrendszerben, átlagos hőmérsékletük gyakran alig haladja meg a 20 K-t. Viszont ezek a legsűrűbb csillagközi anyagszigetek, éppen ezért általában a csillagkeletkezés színterei.

A Tejútrendszer gázfelhőinek eddig megismert eloszlásához egy kis pontosítást kell végül tennünk: a centrumtól nagy távolságban lévő felhők érdekes módon elhajlanak a fősíktól, mint egy kalap felpördült karimája – a tőlünk távolabbi oldalon az északi pólus felé, a hozzánk közelebbi oldalon a déli pólus felé. Ennek okáról cikkünk végén még szólunk.

## Por

A *csillagközi por* az előzőektől lényegesen eltérő fizikai tulajdonságú anyag. A por három komponensre bontható:

- a) nagy méretű szemcsék:  $\sim 1 \mu\text{m}$ -es szilikátszemcsék, illetve szénmódosulatok (többnyire amorf szenet tartalmazó vegyületek, gyakran tűszerű kristályok formájában), alkalmasint jeges bevonattal (főleg a hideg, sűrű molekulafelhőkben található por szemcséire fagyhat ki  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ). Átlagos sűrűsége e szemcséknek körülbelül  $2,5 \text{ g/cm}^3$ .
- b) nagyon kis méretű ( $< 10 \text{ nm}$ ) por, amely a grafit tulajdonságait mutatja. Ez elsősorban a csillagközi por középínfravörös tartománybeli sugárzásáért felelős, amit a nagy méretű szemcsékkel nem lehet magyarázni.
- c) sokgyűrűs aromás szénhidrogének. Ezek a porfelhőkben a közeli- és középínfravörös hullámhosszakon megfigyelhető emissziós molekulásávokért és az erős ultraibolya extinkcióért felelősek.

A csillagközi térben nem keletkezik por, legfeljebb csak módosulhat, illetve megsemmisülhet. A por legfőbb forrásai a vörös óriáscsillagok és az AGB-csillagok (az aszimptotikus óriáság csillagai) légköre és csillagszele. A Tejútrendszerben a por nagyjából ugyanúgy oszlik el, mint a semleges hidrogéngáz: a fősík mentén, a *vékony korongban*, egy keskeny, alig néhány száz fényév vastagságú térrészben.

A portömeg legkönnyebben közvetve, a csillagok sugárzási terével való kölcsönhatásában észlelhető. A kölcsönhatás neve *szórás* – ami kifejezi azt, hogy a fotonnal kölcsönhat az útja közvetlen közelébe került részecske, és ez a fény eredeti irányának megváltozását eredményezi. A *csillagközi extinkció* az abszorpció és a szórás együttes hatására létrejövő intenzitás-csökkenés. A fény csökkenésének mértéke nyilvánvalóan a közeg porkon-

centrációjával is arányos. A Tejútrendszer centruma irányában ez eléri, sőt helyenként meg is haladja a 25 magnitúdót, azaz látható fényben a Tejút centruma körüli kúp alakú térszögben az egész Univerzum gyakorlatilag észlelhetetlen.<sup>4</sup>

Sajnos az optikai vizsgálatokból a por látóirány menti eloszlását nem tudjuk megállapítani. Azonban, ha a vizsgált irány környékén (feltételezve, hogy a por homogén eloszlású) több különböző távolságban lévő csillag is látható, amelynek távolsága és abszolút fényessége is ismert, akkor legalább durván megbecsülhető a por eloszlása.

A Tejútrendszer korábbi pontos felmérését éppen ez a por akadályozta meg. Ugyanis a csillagközi extinkciót még nem ismerték, a csillagok számlálásakor nem vették figyelembe a távolsággal arányos és irányonként eltérő mértékű fényességsökkenést. Elsők között a több generációs csillagász-dinasztia első tagja, F. G. Wilhelm von Struve (1793–1864) vette észre a csillagközi fénycsökkenést, és bár annak mechanizmusát még nem tudta leírni, de a mértékét egészen jól becsülte meg (1847-ben): ezer parszekenként 1 magnitúdó.

Az extinkciós együtttható értékének feltérképezése gondos statisztikai vizsgálatok révén történhet, például a mára már nagy mennyiségben rendelkezésre álló, különböző infravörös hullámhosszon elvégzett égbolt-felmérések alapján. Így napjainkban igen részletes extinkciós térképek állnak rendelkezésünkre az égbolt legnagyobb részére (2. kép a színes melléklet IX. oldalán).

A szórás lényeges tulajdonsága a hullámhosszfüggése (ez elsősorban a szórócentrumok fizikai méretével függ össze). A csillagközi tér porszemcséinek mérettartományában érvényes a Rayleigh-féle közelítés, amely szerint a szórt fény intenzitása a hullámhossz negyedik hatványával fordítottan arányos. Ennek megfelelően a kisebb hullámhosszú kék fény erősebben szóródik, mint a vörös, így a spektrális energia eredeti eloszlása eltolódik a hosszabb hullámhossz felé: ez a *vörösdés*. A jelenség hasonló a földi légkörben a felkelő és lenyugvó Nap vöröses elszíneződéséhez.

Általában a csillagközi gáz mindig valamennyi porral együtt fordul elő – a por részaránya körülbelül a gáz mennyiségének tizede. A pornak nagyon fontos szerepe van a csillagközi anyagfelhők termodinamikája szempontjából – mintegy „húti” azokat –, rövid úton szétszórván a hozzá közeli, forró,

<sup>4</sup> Kivéve az ekvatoriális koordináta-rendszerben  $18^{\text{h}} 03^{\text{m}} 21^{\text{s}}$ ,  $-30^{\circ} 02' 06''$ , illetve galaktikusban  $l = 1,0$ ,  $b = -3,89$  körüli nagyjából 1 fokos nyílású kúpot, amelyben szinte alig van elnyelődés, ez az úgynevezett Baade-ablak (felfedezője neve után). E tartományban szinte akadálytalanul tanulmányozható a Tejútrendszer centruma a látható fényben is. Az extinkció itt 1,26–2,79 magnitúdó között változik V fotometriai sávban (550 nm környékén).

fiatal csillagok UV-sugárzását, miközben maga pedig „melegszik”. A por hőmérsékletének megfelelő termikus sugárzás az alacsony hőmérsékletek miatt a távoli-infravörösbe esik. Ezért a csillagközi por eloszlását és egyéb tulajdonságait az IRAS űrtávcső és későbbi társai (ISO, Spitzer) eredményei nyomán ismertük meg részletesebben. Relatíve legnagyobb portartalma a leghidegebb tartományoknak, a molekulafelhőknek és azon belül is azok legsűrűbb részeinek, a *felhőmag*oknak van. Ezek csillagok keletkezési helyei is, ezért az ilyenek nagy része egyúttal infravörös pontforrás is, ugyanis mélyükön az összehúzódó felhőanyagban már egy-egy csillagkezdemény (*protocsillag*) lapul. Ma már vitán felül áll a genetikai kapcsolat a csillagközi gáz-porfelhők sűrűsödései és a csillagok születése között.

Az eddigiekből következően, míg a  $0,55\ \mu\text{m}$  körüli vizuális tartományban a centrum irányában 25 magnitúdónál is nagyobb az intenzitás csökkenése, addig a közép-infravörös tartományban,  $25\ \mu\text{m}$  környékén már közel nulla! Tehát nem csupán azért „hasznos” infravörös tartományban csillagászkodni, mert ebben látjuk emisszióban a port és a sűrű felhőmagok mélyén születőfélben lévő csillagokat, hanem azért is, mert sokkal távolabbra ellátunk, mint a látható fényben – ami a Tejút centrumának feltárásánál is döntő szempont.

### A sötét anyag

Az utolsó anyagforma, a *sötét anyag* mibenlétéről, mennyiségéről, eloszlásáról később szólunk.

## Elemi építőköveink nagy struktúrái – a „statikus” Tejútrendszer képe

Miután megismertük a rendelkezésünkre álló építőelemeinket, eloszlásuk fő vonásait, ismerjük meg immár részleteiben is az általuk kirajzolódó alakzatokat, az eloszlás finomszerkezetét. Ezzel feltárul előttünk a Tejútrendszer „statikus” képe – merthogy az óriási méretek, távolságok miatt még a nagy sebességű mozgások okozta változások évtizednyi időskálán is állóképként, pillanatfelvételnéppént fagynak be. Ahhoz, hogy a dinamikáját is feltárjuk, további nagy mennyiségű, részletes optikai felvétel és nagy pontosságú asztrometriai és spektroszkópiai mérések kellenek, amelyekből sok százezernyi csillag térbeli mozgása rajzolódott ki. Ezek csak a legutóbbi időktől váltak elérhetővé, és máig csak egyes irányokban, illetve korlátozott tartományokban sikerült feltárni a valóságot. Erről majd a következő részben szólunk.

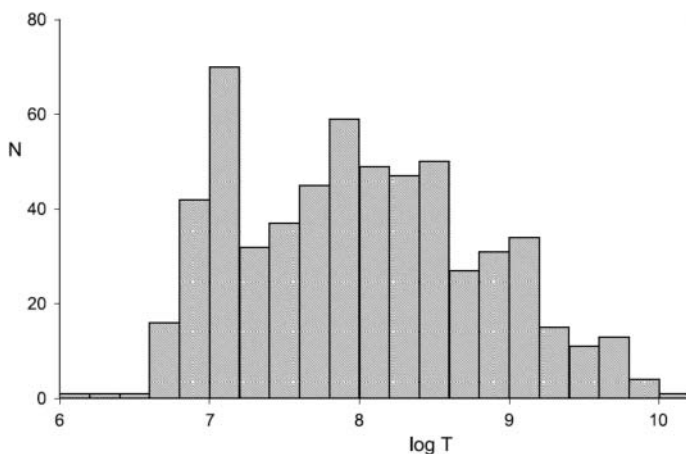
### Galaxisunk alrendszerei

Még mindig elegendő a Tejútrendszer fő síkjára *merőleges metszetben* maradnunk ahhoz, hogy a csillagok eloszlásának finomabb mintázatát észrevegyük. Minthogy a csillagok teszik ki a Tejútrendszer fénylő tömegének több mint 90%-át, eloszlásuk pontos feltárása tulajdonképpen már ki is feszíti a *statikus Tejút* csontvázát.

Elsőként azt kell észrevennünk, hogy a csillagok előszeretettel csoportosulnak, aminek elsősorban fejlődéstörténeti okai lehetnek. A megfigyelések szerint a csillagok több mint fele kettős vagy többes csillagrendszer tagja. Az indukált csillagkeletkezés elve szerint, ha egy, a kritikus sűrűség közelében lévő por/gázfelhő-komplexumban valamilyen külső hatás érvényesül, valószínűleg nem pusztán egy, hanem láncolatszerűen sok helyen tudja biztosítani az összehúzódást, és csillagok (és a hozzájuk tartozó bolygórendszerek) létrejöttét. Kellően szoros gravitációs kötöttséget jelentő közelségben, egymással nagyjából egyidejűleg keletkező csillagok kettős-, hármas, illetve többszörös csillagok lesznek. Ezek a kezdőfeltetelek függvényében elvileg akár egész életüket együtt élik.

Vannak azonban akár néhány tucatnyi tagot is számláló, nagyon fiatal (térben és időben együtt keletkezett) csillagcsoportosulások, amelyek számszerűen lényegesen kevesebben vannak a kettős- és többes csillagokhoz képest, és főbb tulajdonságaik tekintetében eléggé homogén csoportot alkotnak. Ezek az *asszociációk*. Némelyik alig tízezer éves, tehát csillagászati időskálán szinte mostanában keletkezett. Viktor Ambarcumjan (1908–1996) fedezte fel (1947) és sorolta két csoportba az első ilyeneket: a főleg forró O és B csillagokat tartalmazó OB-asszociációk (5–70 csillag) és a vörös törpecsillagokat tartalmazó T-asszociációk (10–400 csillag) közé. Később egy harmadikkal is kiegészült a rendszerezésük: a reflexiós ködökkel kapcsolatos R-asszociációkkal (B és A típusú csillagokból állnak, felfedezőjük S. van den Bergh).

Valamennyiük közös jellemzője, hogy a nemrégiben lezajlott keletkezés miatt környezetükben még jelen van, jól megfigyelhető a szülő felhő-komplexum maradványa; fémtartalmuk általában magas; gravitációsan igen gyengén kötöttek, így néhány ezer éven belül felbomlanak, és magányos csillagokként, illetve kettős-hármas rendszerek formájában folytatják életüket. Térbeli kiterjedésük 30–200 pc körüli, bennük a csillagsűrűség nem haladja meg a Nap környéki csillagsűrűség 20-szorosát. Térbeli eloszlásuk jól követi a szülő molekulafelhők eloszlását: azaz a fősík néhány száz fényév vastagságú részében találhatóak, és megfigyelhető a Tejút centruma felé történő enyhe koncentrálódásuk is. Ezer körüli lehet az asszociációk teljes száma, jelenleg körülbelül 150 ismert.



5. ábra. Az ismert korú nyílthalmazok (586 db) kor szerinti eloszlásának oszlopdiagramja (a legfiatalabb: NGC 6618,  $T = 1$  milliárd év; a legidősebb: Berkeley 17,  $T = 12$  milliárd év). Forrás: S. van den Bergh, 2006, *AJ* 1313, 1559.

Gravitációsan jóval kötöttebbek, ezzel együtt igen nagyszámú csillagból felépülő alrendszeri Tejútrendszerünknek a *nyílthalmazok*. Ezek is alapvetően fiatalok, általánosan elfogadott nézet szerint szintén ( kozmikus léptékben) egyidejűleg keletkezett (tehát azonos korú, egyforma fémtartalmú) csillagok alkotják. A nyílthalmazok csillagainak átlagos fémtartalma kisebb az asszociációknál. Minthogy nagyságrendekkel több csillag (néhány tucattól akár több ezerig) alkotja őket, amelyek kezdeti tömege a legkülönbözőbb, ezért lényegesen sokszínűbbek az asszociációknál, és nemcsak átvitt értelemben. Azonban, lévén a Tejútrendszer különböző vidékein található nyílthalmazok egymáshoz képest eltérő időkben keletkeztek és stabilabb rendszerek (a legidősebb ismert nyílthalmazok 8 milliárd évesnél is öregebbek: például az NGC 6791) a csillagrendszerek eme csoportja jóval heterogénabb az asszociációknál. Az öregebbek legnagyobb tömegű csillagai már annyira elfejlődtek a hidrogénégető állapotból, hogy vörös óriás csillagokká váltak. A halmaztagok HR-diagramjának felrajzolásakor tehát megjelenik a fősorozattól jól elkülönülő óriáság. A legutóbbi kormeghatározások tükrében igen érdekes tény, hogy Tejútrendszerünk fejlődéstörténete során a nyílthalmazok valószínűleg nem mindig ugyanolyan ütemben keletkeztek. Két érték körül csúcsosodik ki az eloszlás (5. ábra). Úgy tűnik, mintha a kozmikus jelenkor felé közeledve egyre kevesebb keletkezne – azaz, mintha az ilyen számosságú csoportos csillagkeletkezés feltételei megszűnőben lennének...

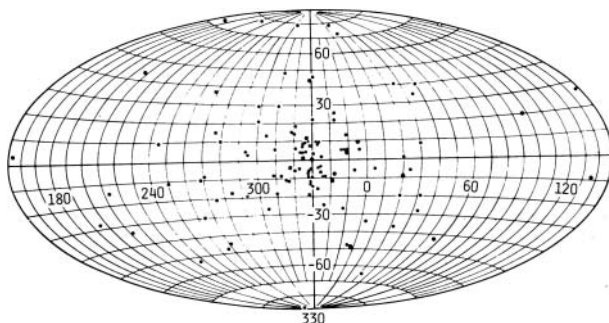
2. táblázat. A fő csillagpopulációk

	<i>extrém I.</i>	<i>idősebb (közepes) I.</i>	<i>korong</i>	<i>átmeneti (közepes) II.</i>	<i>halóbeli II.</i>	<i>III.</i>
<i>átlagos távolság a szimmetriasíktól</i>	120 pc	160 pc	400 pc	700 pc	2000 pc	–
<i>fősíkra merőleges sebesség (km/s)</i>	8	10	15–18	25	75	–
<i>koncentráció a centrum felé</i>	gyenge	gyenge	erős	erős	erős	?
<i>spektrális jellemző</i>		erős fém-vonalak	gyenge fém-vonalak			
<i>fém/H gyakorisági arány</i>	0,03	0,02	0,01	0,01	0,001	~ 0
<i>kor (év)</i>	$< 10^8$	$10^8$ – $10^9$	$10^9$ – $10^{10}$	$1$ – $1,2 \cdot 10^{10}$	$> 1,2 \cdot 10^{10}$	$> 1,3 \cdot 10^{10}$
<i>össztömeg (<math>M_{\text{Nap}}</math>)</i>	$2$ – $3 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$	$4,7 \cdot 10^{10}$	$4,7 \cdot 10^{10}$	$1,6 \cdot 10^{10}$	?
<i>legnagyobb abszolút fényességű csillagok</i>	$-8^m$	$-8^m$	$-3^m$	$-3^m$	$-3^m$	?
<i>főbb képviselők</i>	spirál- karok fiatal csillagai, asszo- ciációk	A típusú csillagok, dMe	galaktikus mag, RR Lyr ( $P < 0,4 d$ )	Runaway csillagok ( $v_z >$ 30 km/s)	gömb- halmazok, RR Lyr ( $P > 0,4d$ )	3,6 $\mu\text{m}$ IR fénylés?

Színesíti a korproblémát, hogy a csillagfejlődési modelljeinknek látszólag ellentmondóan nagyon sok nyílthalmaznál találtak olyan csillagokat, amelyek a HRD főágán olyan helyen vannak, ahonnan már vörös óriássá kellett volna alakulniuk. A távolságmérések szerint pedig bizonyosan halmaztagok. Ezek neve angolul *blue straggler*. Magyarra kék tévelygőknek fordíthatjuk. Egy 2007-es katalógus szerint 427 nyílthalmazban összesen 1887 kék tévelygőt tartanak nyilván.

Jó ideig rejtélyként kezelték, hogy ezek a csillagok miért nem hagyták el a fősorozatot. Ma már általános vélekedés, hogy ezek szoros kettős rendszerek, amelyek egymás közötti anyagátadása miatt a tömeget kapó





7. ábra. Az ismert gömbhalmazok eloszlása galaktikus koordináta-rendszerben. Forrás: L. Kühn: *The Milky Way* (John Wiley & Sons, Chichester, 1982, p 73).

komponens forróbbá vált, és az elfordulási pont fölé került a fősorozaton. További adalék ehhez a magyarázathoz, hogy ezek az objektumok általában röntgenforrások is (ami a tagok közötti anyagátadás nyomjelzője).

A nyílthalmazok igen kompaktak, az általuk kitöltött tér 1–20 pc átmérőjű (az átlagérték  $4,5 \pm 3,5$  pc), tehát a távoli halmazok tagjai tőlünk közelítőleg azonos távolságúnak tekinthetők. Minthogy azonos korú és széles tömegtartományban eloszló csillagokat felvonultató rendszerek, ezért kiválóan alkalmasak csillagfejlődési elméleteink tesztelésére, kormeghatározásra, dinamikai vizsgálatokra, távolságmeghatározásra, a csillagközi por eloszlásának vizsgálatára stb.

A nyílthalmazok is általában gázfelhők közelében vannak (3. kép a színes melléklet X. oldalán). Nagyobb az átlagos skálamagasságuk az asszociációkéhoz képest, de még mindig a fősíkhöz közeli tartományokat népesítik be. Szintén megfigyelhető a centrum felé történő enyhe sűrűsödésük. A katalogizált nyílthalmazok száma körülbelül 1200, de tejútrendszerbeli teljes számuk akár ennek tízszerese is lehet.

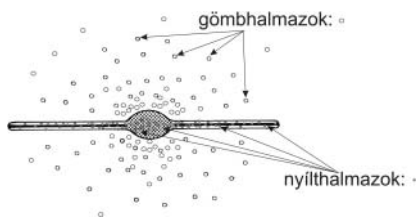
Végül a legöregebb, fémben szegény, legnagyobb méretű, gravitációsan legstabilabb, legtöbb csillagot számláló, erősen gömbszimmetrikus csillageloszlást mutató halmazok a *gömbhalmazok*. Méretük általában 5–100 pc közötti (statisztikai átlag: 25,6 pc). Némelyikük több százezer csillagot is tartalmazhat, így az átlagos csillagsűrűségük 1–2 nagyságrenddel, a centrumuk környékén pedig akár 3 nagyságrenddel is meghaladhatja a Nap környezetének csillagsűrűségét ( $0,15$  csillag/ $\text{pc}^3$ ) (4. kép a színes melléklet X. oldalán). A gömbhalmazok közös jellemzője, hogy már a kisebb tömegű csillagaik is vörös óriássá alakultak, a főág több mint fele hiányzik, és már megjelenik a horizontális ág is (6. ábra a színes melléklet XI. oldalán).

Nagy többségük igen távol van a galaktikus fősíktól – a pontos felmérések szerint egy hatalmas ellipszoidális térrészt töltenek be, amelyet *halónak* nevezünk.

A haló nagy részében gáz és por már egyáltalán nem található, a csillagkeletkezés ebben a régióban már nagyon régen befejeződött. Ugyanígy, a gömbhalmazok maguk is teljesen mentesek a portól és gáztól. A Tejút centrumától nem túl távol is találhatunk gömbhalmazokat – eloszlásuk a centrumra nézve gömb-szimmetrikus (7. ábra). A katalogizált gömbhalmazok száma 150 körül van, de jóval több, akár ezer gömbhalmaz is lehet a Tejútrendszerben.

Az eddigiek alapján most már teljes terjedelmében felvázolható rendszerünk felépítése (8. ábra).

A magányos és rendszerben kötött csillagok is (különbéféle tulajdonságaik alapján) három nagyon eltérő tartományra osztható a Tejútrendszert, így annak szerkezeti alrendszerének is tekinthetőek: ez a már említett ellipszoidális *haló*, a lapos *korong*, valamint a *bulge* (központi dudor, lásd a 8. ábrán pontokkal kitöltött középső részt). Jó közelítéssel azt mondhatjuk, hogy a körülbelül 10 000 fényév átmérőjű központi dudorban túltengenek a vörösebb színű csillagok, míg a korongban főleg kékebbeket találunk. Erre először nem is a saját Tejútrendszerünk esetében figyeltek fel, hanem az Androméda-galaxis kapcsán: Walter Baade (1893–1960) *populációknak* nevezte el ezt a két elkülönülő csoportot (1944). I. populációknak a peremvidékek kék, II. populációjának a központ környéki vörös csillagokat. A színek szerinti elkülönülés azonban csak következmény és mindössze formai. A tartalmi összefüggésre később jöttek rá: a centrális dudorbeli vörös csillagok öreg, fémszegény, általában kis



8. ábra. A „statikus” Tejútrendszer fősíkra merőleges metszete („oldalnézete”) – a csillagok és diffúz anyag eloszlására ráhelyezve a nagyobb csillaghalmazok eloszlását. Forrás: saját rajz, L. Kühn: *The Milky Way* (John Wiley & Sons, Chichester, 1982, p 69) alapján.



9. ábra. A populációk hozzávetőleges térbeli elkülönülése a Tejútrendszerben (továbbra is „oldalnézetben”, a fősíkból szemlélve). A Nap helye: balra a sötét kör. Forrás: G. Larsson-Leander: *Astronomi och astrofysik* (Lund, Gleerup, 1971, Bild 8-1) alapján, átrajzolva, lásd például: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Starpop.svg>

tömegű csillagok, az alig néhány száz fényév vastagságú és 100–120 ezer fényév átmérőjű vékony korongban lévő kékek pedig alapvetően fiatal, nagyobb fémtartalmú,<sup>5</sup> többnyire nagy tömegű csillagok.

Később ez a kép finomodott. Elsősorban az eloszlás skálamagassága és a fémtartalom szerint kellett finomítani, több alpopulációra osztva a két nagy „családot” (9. ábra).

### A diffúz anyag jellegzetes formái

*Galaktikus cirrusz.* Az IRAS űrtávcsővel fedezték fel ezt a jellegzetes, szálas szerkezetet, amelyet a földi fátyolfelhözethez hasonló megjelenése alapján neveztek el így (5. kép a színes melléklet XI. oldalán). A finom eloszlású por infravörös emissziója által kirajzolt mintázat alapvető tulajdonsága, hogy önhasznó, azaz a nagyítás és a felbontás növelésével ugyanolyan struktúrákat látunk, mint a kis felbontású, nagy látómezejű képeken. Ez a tört dimenziójú alakzatokra, a fraktálokra jellemző, azaz a galaktikus cirrusz fraktálszerkezetű.

*Kozmikus habfürdő.* A Tejútrendszer fősíkja közelében a gáz- és porfelhők eloszlásában hatalmas buborékok egymásba fonódó tömege tárul fel, ami hasonlatossá teszi a fürdővíz tetején, felhabosodás után létrejövő réteghez. Egyes irányokban persze nehéz észrevenni ezt a mintázatot, mert az egymás mögötti különböző méretű buborékok átfedik egymást. Eredete több okra vezethető vissza: leginkább a korábban, eltérő időkben és helyeken felrobbant szupernóvák lökeshullámai, másodsorban pedig a legnagyobb tömegű csillagok szele által szétfújt csillagközi anyag okozza. Napunk egy 300–350 fényév átmérőjű buborék belsejében található (6. kép a színes melléklet XII. oldalán).

Óriás *vertikális hurkok* is kirajzolódnak, főleg a 74 cm körüli hullámhosszú rádiókontinuumban (7. kép a színes melléklet XII. oldalán). A legnagyobb messze a halóba hatol (ez a régóta ismert Északi Poláris Hurok – angolul North Polar Spur, röviden NPS), de számtalan hasonló, kisebb méretű is ismert (ezek angol elnevezése loop). Eredetükre vonatkozóan azt tételezik fel, hogy korábbi, nagy energiájú szupernóva-robbanások nyomán tovaterjedő szuperszonikus lökeshullám által nagyobb galaktikus szélességeig felfújt gáztömegek. Ezek nemcsak a rádiókontinuumban rajzolódnak ki, hanem UV-ben és lágyröntgen-tartományban is (elsősorban magas fokú ionizált O, Ne, Mg, Fe vonalaiban).

<sup>5</sup> A csillagászat szakzsargonjában minden, a hidrogénnél és héliumnál nehezebb elemet fémnek, illetve nehéz elemnek neveznek, összesített mennyiségüket az adott anyagforma tömegegységében Z betűvel jelölve adják meg. A hidrogéntartalmat X, a héliumét Y betűvel jelölve,  $X+Y+Z = 1$ . Napunk fémtartalma:  $Z = 0,016$ .

3. táblázat. A „statikus” Tejútrendszer fő alrendszereinek tulajdonságai

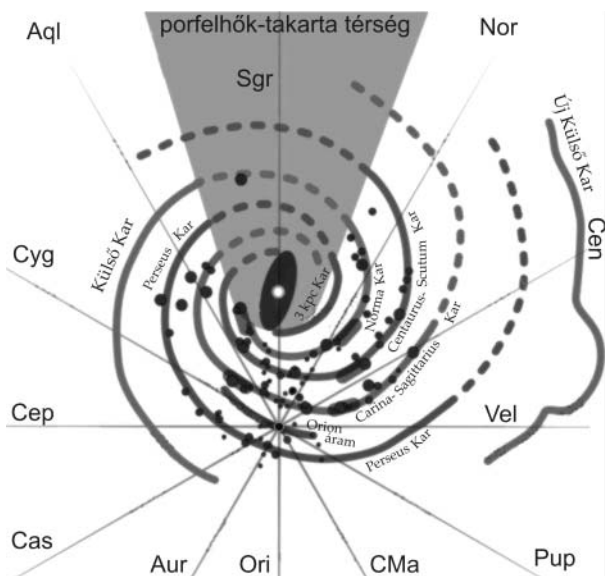
„lapos” alakzatok			
	<i>semleges gáz</i>	<i>vékony korong</i>	<i>vastag korong</i>
össztömeg ( $10^{10} M_{\text{Nap}}$ ) <sup>6</sup>	0,5 <sup>7</sup>	6	0,2–0,4
összluminozitás ( $10^{10} L_{\text{B,Nap}}$ ) <sup>8</sup>	–	1,8	0,02
$M/L_{\text{B}}$	–	3,3	10–20
átmérő (kpc)	50	50	50
anyageloszlás típusa	$\exp(-h_z/z)$	$\exp(-h_z/z)$	$\exp(-h_z/z)$
skálamagasság (kpc)	0,16	0,325 <sup>9</sup>	1,4
sebességszórás $\sigma_w$ (km/s)	5	20	60
fémtartalom (Fe/H)	$> +0,1$	$-0,5 - +0,3$	$-1,6 - -0,4$
kor (milliárd év)	0–14	$< 12$	$\cong 14$
„szferoidális” alakzatok			
	<i>központi dudor</i>	<i>csillaghaló</i>	<i>sötétanyaghaló</i>
össztömeg ( $10^{10} M_{\text{Nap}}$ )	1	0,1	55
összluminozitás ( $10^{10} L_{\text{B,Nap}}$ )	0,3	0,1	0
$M/L_{\text{B}}$	3	$\sim 1$	–
átmérő (kpc)	2	100	$> 200$
anyageloszlás típusa	oszlop?	$r^{-3,5}$	$(a^2+r^2)^{-1}$
skálamagasság (kpc)	0,4	3	2,8
sebességszórás $\sigma_w$ (km/s)	120	90	–
fémtartalom (Fe/H)	$-1 - +1$	$-4,5 - -0,5$	–
kor (milliárd év)	10–14	$\cong 14$	pre-Galaktikus?

<sup>6</sup>  $R = 230$  kpc-en belül a teljes tömeg meghaladhatja az  $1,3 \cdot 10^{12} M_{\text{Nap}}$  értéket is.<sup>7</sup>  $M_{\text{por}}/M_{\text{gáz}} \approx 0,007$ <sup>8</sup> A Tejútrendszer teljes luminozitása  $L_{\text{B, teljes}} = 2,3 \pm 0,6 \cdot 10^{10} L_{\text{B, Nap}}$ ;  $L_{\text{bol, teljes}} = 3,6 \cdot 10^{10} L_{\text{Nap}}$  (30% IR-ben)<sup>9</sup> A „fiatal” vékony korong skálamagassága csak 50 pc.

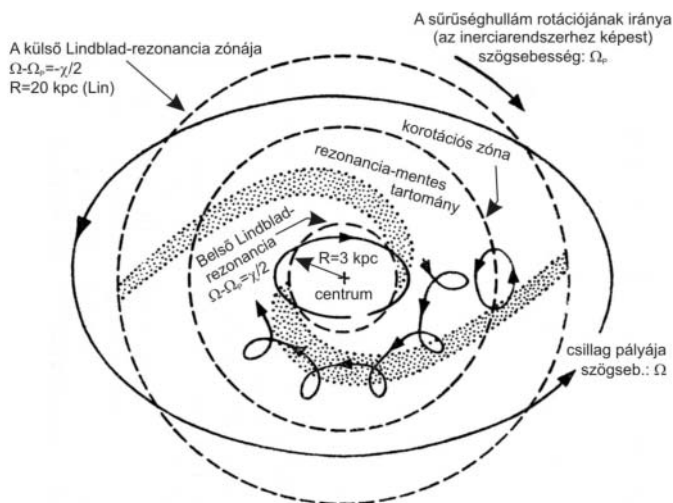
### A „statikus” Tejútrendszer felülnézetben – a spirális struktúra

E pontig szándékosan kerültük a spirális elrendeződés taglalását, magukra az anyagi tulajdonságokra és „statikus” eloszlásukra koncentrálva. Az, hogy a Tejútrendszer építőkövei a fősíkban nem homogén eloszlásúak, hanem feltekeredett *kétkarú spirált* rajzolnak ki, olyan jelentőségű, hogy érdemes egy külön részt szentelni e ténynek. Másrészt a téma feldolgozása már átvisz a „dinamikus” képbe, hiszen a Tejútrendszer létének kulcsa és magyarázata is a mozgásokban van. Először az eddigiekhez hasonlóan a „pillanatfelvételen” látható mintázatot ismertetjük. Az, hogy nem 4 vagy több karú (S típusú) galaxis a szülőotthonunk, hanem egy kétkarú küllős (SB típusú) galaxis, a legutóbbi évek egyik legfontosabb felfedezése.

A jelenlegi elképzelés szerint egy, a centrumot is tartalmazó *küllő* két végéről indul a két fő kar: a korábban 3 kpc-es karnak nevezett (és amelynek folytatása a Perseus-kar), valamint a Centaurus–Scutum-kar (helyenként Crux–Scutum-karnak is nevezik) (10. ábra). Gyengébben fejlett karmaradványok, amelyek eredete tisztázásra vár, de valószínűleg nincsenek



10. ábra. A Tejútrendszer fősíkjára merőleges nézete, a galaktikus É-i pólus felől (CrB). A szaggatott vonal az adott spirálkar feltételezett folytatódása. A sötét körök a legnagyobb, jól kimért HII felhők elhelyezkedését jelzik. Forrás: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Milky\\_Way\\_Arms.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Milky_Way_Arms.svg) átrajzolva, magyarítva.



11. ábra. A Lindblad-féle epiciklikus pályák és rezonanciahelyek a sűrűség hullámmal együtt forgó koordináta-rendszerben (torzított méretarányú ábra). Forrás: Csillagászat (Marik M. szerk., Akadémiai Kiadó, 1989, p 698) alapján, kicsit módosítva.

kapcsolatban a küllővel: a Carina–Sagittarius- és a Norma-kar. Napunk egy kis karmaradványban, csillagok és csillagközi anyag egy lokális áramlatában található, amit általában Orion-spurnak (Orion-nyomvonalnak) neveznek.

A spirálkarokban sűrűsödik mind a csillagszerű, mind a por és gázne-mű anyag nagy része. A spirálkaroknak ugyanolyan jó nyomjelzői a T-vagy OB-asszociációk, vagy a fiatalabb nyílthalmazok, mint a korábban említett HI és HII felhők, vagy molekulafelhők.

E ponton végre „megmozdítjuk” a Tejútrendszert, és korábbi statikus képünkbe dinamikát töltünk, ugyanis kozmikus csillagvárosunk is egy bonyolult „össztánc” eredményeképpen nyeri el látható alakját. A nagy kérdés pedig az, hogy a csillagok és csillagközi anyag nagy felhői maguk képviselik-e ezt a spirális mintázatot, és mozgásukkal viszik magukkal a spirális mintázatot – vagy a kettő különbözik (11. ábra).

Kimutatható, hogy ha merev kapcsolatot tételeznénk fel a spirális min-tázat és az azt kijelölő csillagok között, akkor már néhány körülfordulás után erősen feltekeredne a spirális alakzat, és rövidesen szétbomlana, eltűnne. Minthogy nem így van (Napunk távolságában a centrum körüli egy teljes keringés periódusideje körülbelül 250 millió év – viszont a vé-

kony korongbeli legöregebb objektumok  $8,8 \pm 1,7$  milliárd évesek<sup>10</sup>), ezért nyilvánvaló, hogy két külön dologról van szó: a spirálkarok mintázatát „feltöltő” anyagok csak ideiglenesen tartózkodnak benne, előbb-utóbb kikerülnek belőle, és mások veszik át a helyüket.

Tehát el kell vetni a látható anyagformák és a spirálkarok egymáshoz rögzítettségének elvét – ehelyett valamilyen időben tovaterjedő, stabil mintázatú „állapot” (hullámszerű zavar) által ideiglenesen összesűrített csillagok és gáz-poranyag alakítják ki a megfigyelhető spirálkarokat. Ez az úgynevezett *sűrűséghullám-elmélet*. Szokásos hasonlat szerint egy forgalmas kereszteződés, vagy egy baleseti helyszín környékén az autók száma ideiglenesen felszaporodik, de a kritikus hely előtt és után is fellazul a forgalom (azaz az egyes autók közötti átlagos távolság megnő). Persze ezek a példák csak 1 dimenzióban szemléltetik a jelenséget, míg a Tejútrendszer-nél (és más galaxisoknál is) ezek a torlódási helyek a síkban egy logaritmikus spirált rajzolnak ki – aminek oka egyelőre rejtve marad.

Elsőként Bertil Lindblad (1895–1965) próbálta megmagyarázni ezt a jelenséget. Tulajdonképpen az ő eredményeiben gyökerezik a sűrűséghullám-elmélet, bár az 1960-as évekig nem hozott a témában jelentős áttörést.<sup>11</sup> Munkája közvetlenül vezetett a J. Oort (1900–1992) által felismert differenciális rotációhoz. Végül C. C. Lin és F. H. Shu dolgozta ki részleteiben a ma leginkább elfogadott magyarázatot (1964).

Eszerint a Tejútrendszer (és minden spirális galaxis) fénylő anyagának jellegzetes mintázata a csillagrendszer magja körül rotáló kvázistacionárius sűrűséghullám nyomán alakul ki. A sűrűséghullám az anyagsűrűség eloszlásának maximumaival esik egybe (amelyek egyúttal a gravitációs potenciál minimumhelyei is), itt az anyag mozgása szükségképpen lelassul – így a tejútrendszerbeli objektumok pálya menti sebessége a keringés során periodikusan ingadozik. A létrejövő pályák két mozgás: egy nagyjából galaktocentrikus körmozgás –  $\Omega(R)$  szögsebességgel – és  $\chi(R)$  szögsebességű epiciklikus – adott  $R$  rádiuszú körön végigfutó középpontú ellipszis – mozgás eredői.

A mintázat belső és külső határai két rezonanciaértékhez tartoznak: ahol a csillagok  $\Omega(R)$  szögsebessége és a merev testként rotálónak feltételezett sűrűséghullám (centrumtól való távolságtól nem függő)  $\Omega_p$  szögsebessége az epiciklikus mozgás frekvenciájának felével tér el egymástól ( $\Omega - \Omega_p = \pm \chi/2$  – ezek az úgynevezett belső és külső Lindblad-rezonanciahelyek). Szükségképpen lesz a két határ között egy olyan tartomány, ahol a két

<sup>10</sup> Napunk is 4,5 milliárd éves, azaz már vagy 18 keringést élt meg létrejötte óta.

<sup>11</sup> Valószínűleg azért, mert a Tejút spirális szerkezete addig ismeretlen volt.

sebesség megegyezik, ez az úgynevezett *korotáció* övezete, az itt található csillagok és csillagközi anyag a sűrűséghullámmal azonos sebességgel keringenek. Ettől bentebb a centrum felé az anyag időről időre „utolér” egy spirálkart, majd lelassulva áthalad rajta, és kijutva belőle ismét felgyorsul. Kintebbi régiókban keringő objektumokat pedig időről időre a sűrűséghullám éri utol, majd hagyja le.

Az egészhez a Tejútrendszer tömegeloszlásának helytálló modelljéből kellett kiindulni (Linék az akkoriban ismert legjobbat, M. Schmidt modelljét vették alapul számításaikban<sup>12</sup>). Lin csoportja a spirális minta szögsebességére 13–14 km/s/kpc értéket, a belső Lindblad-rezonancia rádiuszára 3 kpc-et, a korotációs zóna centrumtól mért távolságára 16–17 kpc-et kapott (feltéve, hogy a Nap 10 kpc-re van a centrumtól). Később L. S. Marochnik és munkatársai  $\Omega_p = 23 \pm 3$  km/s/kpc értéket kaptak, amely sokkal jobban illeszkedik a megfigyelésekhez. A korotációs övezet náluk körülbelül a Nap centrumhoz képest elfoglalt helyével esik egybe.

Bármennyire kedvezőek is a feltételek a hatalmas kiterjedésű sűrűség-hullám fennmaradásához, valamekkora energiadisszipációval mindig kell számolnunk. Oort és munkatársai 1972-ben rámutattak, hogy ez a rezonanciatartományok térségében körülbelül  $10^{39}$  J/év, amit valaminek biztosítani kell, hogy ilyen hosszú időn keresztül fennmaradhasson a mintázat.

A sűrűséghullám-elmélet érdekes következménye, hogy a spirális alakú gravitációs potenciálgödörbe hulló interstelláris anyag szükségképpen valamilyen mértékben össze is nyomódik, ezzel segítve a csillagképződést – mintegy gerjesztve azt. Könnyebben és több helyen el tudják érni a por-gázkomplexumok a kritikus sűrűséget, így számtalan helyen megindul a lassú kontrakció. Emiatt is döntően a spirálkarokban keletkeznek a csillagok.

Végül megjegyzendő, hogy az általánosan elfogadott sűrűséghullám-elméletnek is vannak még tisztázatlan kérdései, és léteznek konkurens elméletek is a spirális mintázat magyarázatára (például a csillagkeletkezési helyek sztochasztikus tovaterjedésén alapuló elmélet), de ezek egyelőre sokkal több problémával küdenek, mint a Lin-elmélet.

### A Tejútrendszer szívében – a centrum és környéke

A Tejútrendszerünkhöz hasonló, távoli galaxisok világító tömegének eloszlását ugyan jól szemügyre tudjuk venni – közismert, hogy többnyire

<sup>12</sup> Ez a fősíkra merőleges egységnyi alapterületű oszlopokba foglalt anyagmennyiség fősíkra vetítéséből előálló  $\mu(R)$  függvény formájában kezelhető. Napunk távolságában értéke Schmidtnél:  $\mu(R_{\text{Nap}}) = 114 M_{\text{Nap}}/\text{pc}^2$ .

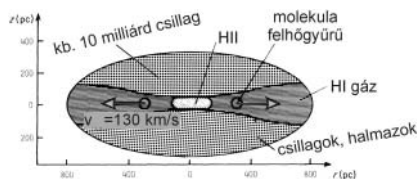


fényes, kompakt magjuk/magkörnyéki régiójuk van –, azonban a titkok mélyére esetükben az irdatlan nagy távolságok miatti elégtelen szögfelbontás miatt nem hatolhatunk. Saját csillagrendszerünk centruma ugyan jóval közelebb van hozzánk, ezt viszont por- és gázfelhők szövevénye takarja el. Ezen a legutóbbi időkig csak korlátozottan, rádiótartományban tudtunk áthatolni, de ma már a földfelszíni és űrbeli infravörös-távcsövekkel a centrum környéki csillagok is láthatóak.

A centrum környéki régiók mélyére ereszkedés első lépcsőfoka a magbeli korong, amely egy gyorsan forgó, ellapult gázfelhő (12. ábra). Ebben a centrális,  $0,8 \times 1,5$  kpc-es ellipszoidális térrészben körülbelül 10 milliárd csillag és körülbelül 10 millió naptömegnyi gáz található. Belsejében egy körülbelül 75 pc átmérőjű, tórusz alakú molekuláris gázgyűrű található, amelynek középtengelye körülbelül 270 pc-re van a centrumtól. Ez a gyűrű kifelé tágul, mintegy 130 km/s sebességgel, és egyúttal rotál a centrum körül 50 km/s sebességgel. Ez egyben a legnagyobb ismert molekulakomplexum. Egzotikus molekulákat nemigen találni benne, túlnyomó részben  $H_2$  alkotja.

A legbelső tartományt a centrum közvetlen környékének nagy tömegű, fiatal, forró csillagainak UV sugárzása ionizálja. Érdekesség, hogy a centrum körüli, viharos mozgásoktól átszótt tartományokban is folyik (legalábbis a kozmikus léptékű közelmúltban még folyt) csillagkeletkezés. 1999-ben a HST infravörös-kamerájával, a centrumtól alig 100 fényévnyre két igen nagy tömegű, fiatal nyílthalmazt fedeztek fel, amelyek korára 2, illetve 4 millió év adódott. Tehát csillagkeletkezés a kozmikus időskálán mért közelmúltban is történt itt, noha a centrum körül nagy sebességgel keringő gáztömegben nehéz elképzelni azt, hogy a viszonylag hosszú idejűnek gondolt, nyugalmasabb mozgásokat igénylő csillag-gá alakulás számára megfelelőek legyenek a feltételek.

A centrumban legbelül található az égbolt egyik legintenzívebb rádióforrása, a Sagittarius A (Sgr A), ami valójában három forrásból tevődik össze (8. kép a színes melléklet XII. oldalán). Valószínűleg ezek sem szeparált felhőtömegek, hanem egy „legbelső gyűrű” részei, amely 60 km/s sebességgel vesz részt a centrum körüli rotációban. A gyűrű egyes részei OH molekuláris, illetve HI és HII területek.



12. ábra. A Tejútrendszer centrum körüli sűrű térségének vázlatos felépítése (az úgynevezett „magbeli korong”, oldalnézetben, azaz az  $x$ – $z$  síkban). Forrás: L. Kühn: *The Milky Way* (John Wiley & Sons, Chichester, 1982, p 99) alapján, módosított.

A Sgr A igen kompakt forrás. Interferométerre összekapcsolt rádiótávcsövekkel 0,002 ívmásodpercnél is kisebb kiterjedésűnek mérték, ami csupán 2 fényóranyi<sup>13</sup> méretet jelent. Bár a rádiótávcsövek igen hasznosak a centrális térség tanulmányozásában, a centrum „végső” titkát mégsem ezekkel sikerült feltárni, hanem a technika fejlődésével megszületett, adaptív optikával támogatott infravörös-távcsövekkel. A centrumhoz közeli térségben infravörös hullámhosszakon sikerült felbontani különböző IR-forrásokat. Ezek egy része a már említett HII régióknak felel meg, más részük a por által re-emittált rövidebb hullámhosszú elektromágneses sugárzás, végül pedig nagyszámú, idezsúfolódott csillag. Ezek a legutóbbi időkig csak összemosódott foltnak tűntek, az elmúlt tíz évben azonban nemcsak azonosításuk, de centrum körüli mozgásuk meghatározása is sikerült. Egyszerű kétestestproblémaként értelmezve az egyes csillagok kimért pályáját sikerült megbecsülni a vonzó centrum tömegét. Erre  $(2,87 \pm 0,15) \cdot 10^6$  naptömeg adódott. Ez a 2003-ban publikált eredmény a csillagászati észleléstechnika egyik csúcsteljesítménye (T. Ott és tsai, ESO).

A hipotetikus vonzócentrum koordinátái hibahatáron belül megfelelnek a rádióészlelésekből ismert Sgr A\* objektumával, és vizuális tartományban semmi nem látható a helyén. Könnyen rámondjuk, hogy ilyen kis térrészben ekkora láthatatlan tömeg fekete lyuk kell, hogy legyen. Azonban más, fекessé ismert anyagformák is előfordulhatnak – például bozoncsillag, fermiongömb, vagy sűrű magvú speciális csillaghalmaz is lehetséges. Persze a fekete lyukakra vonatkozó jelenlegi elképzeléseinknek megfeleltethető eseményeket is észleltek: például 2001-ben a Sgr A olyan röntgenkitörését (a Chandra-űrtávcsövel), amelynek során néhány perc alatt sokszorosára nőtt a röntgenfluxus, majd órák múlva az eredeti értékre állt vissza. Valószínűleg a fekete lyukba spirálózó anyag által formált akkréciós korongba behullt, a becsapódáskor több millió fokra hevült anyag termikus sugárzása ért el hozzánk. A Chandra röntgenűrtávcsövel készült felvételek alapján azt is megállapították, hogy nagyjából 10 ezer éve a centrális régióban szupernóva-robbanás következhetett be.

## A Tejútrendszer küllője

Csillagrendszerünk legkevésbé ismert és értett alakzata a centrális küllő, amely a középpontot szeli keresztül körülbelül 15000 fényév hosszan. Az oszlopszerű tartomány szélessége-magassága 5–7000 fényév. Korát tekintve annyi bizonyos, hogy nem Tejútrendszerünk legidő-

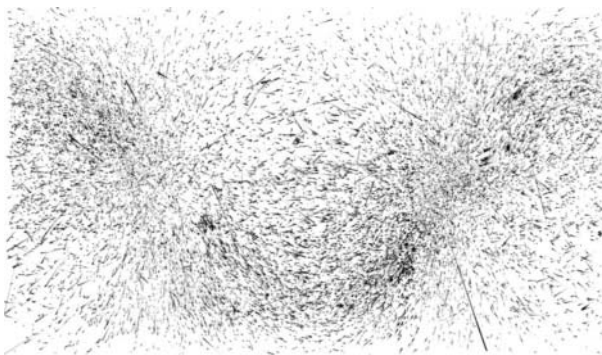
<sup>13</sup> Naprendszerünkbe helyezve a Jupiter és a Szaturnusz között körülbelül „félútig” terjedne.

sebb csillagaival egy időben, hanem jóval később jöhetett létre. A benne lévő anyagformák közös tulajdonsága, hogy itt „merev testként” kerin-  
genek a mag körül, azaz a küllő anyaga nem cserélődik az idő során,  
ellentétben a spirálkarokéval. Ezért is relatíve több idősebb csillagot  
találunk itt, színe vörösebb a spirálkarokéhoz képest. A spirálkarok a  
küllő végeinél erednek, de kapcsolatuknak sem morfológiai, sem gene-  
tikai részletei nem világosak még. A küllő keleti nyúlványa van köze-  
lebb hozzánk, míg nyugati darabja a centrális területek mögött húzódik.  
Hossztengelye a Napunktól a centrumhoz húzott egyenessel  $44 \pm 10$  fo-  
kot zár be.

## A „dinamikus” Tejútrendszer

### A mozgás nyomjelzői

A Tejút különböző tartományainak mozgását legjobban a csillagok  
jelzik. Térbeli sebességük méréstechnikai szempontból két komponensre  
bomlik fel: a viszonylag könnyen mérhető látóirányú tagra (*radiális sebes-  
ség*) és egy arra merőlegesre (*sajátmozgás*), amelyet általában két összetevőre  
bontanak (például ekvatoriális koordináta-rendszerben rektaszcen-  
zió és deklináció irányú komponensekre). Ez a vektoriális felbontás a Nap  
környezetében a sajátmozgások és radiális sebességek érdekes, jellegzetes  
térbeli eloszlását eredményezi (13. ábra).



13. ábra. Az égbolt B és A típusú csillagai sajátmozgásának mintázata (galaktikus koordináta-rend-  
szerben, a +200000 év alatt bekövetkező mozgások ábrázolásával). Forrás: [http://en.wikipedia.org/  
wiki/File:Ba\\_b\\_do8mag\\_c6\\_big.gif](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ba_b_do8mag_c6_big.gif)

Igazán komoly áttörésnek a Gaia űrszonda ígérkezik (felbocsátása 2012-ben várható), amely a Tejútrendszer csillagai 10%-ának asztrometriai jellemzőit fogja megmérni.<sup>14</sup> Ekkor fog feltárulni előttünk a Tejút igazi arca.

### Napunk és a Naprendszer mozgása és annak következményei

A Gaia előtti idők legelfogadottabb eredményei szerint Napunk jelenleg kissé (legfeljebb 100 fényévvel) a fősík fölött található, és a fősíkra merőleges sebességkomponense 7 km/s. Mozgásirányunk fősíkba eső vetülete a centrum irányával körülbelül 60 fokos szöget zár be. Jelenlegi *apex*ünk (a Naprendszer tömegközéppontjának mozgási iránya a környező térséghez képest) a Hercules csillagkép Vega irányába eső határa közelében van (9. kép a színes melléklet XIII. oldalán).<sup>15</sup>

Még jó ideig távolodunk a fősíktól. Körülbelül 14 millió év múlva egészen nagy szögből tudunk majd rálátni a centrumra, kiemelkedve legalábbis a legsűrűbb porfelhők kilátást akadályozó tömegéből. Utána újra belemerülünk. Egy centrum körüli keringés során 2,5–3 ilyen hullámot ír le Napunk, mindeközben a centrumtól mért távolságunk is változik, bár eltérő (körülbelül 170 millió éves) periódusidővel.

Ennek különös jelentősége lehet a földi élet tekintetében – csakúgy, mint magának a térbeli elhelyezkedésünknek. A korotációs zóna közelében van Napunk, így nagyon ritkán fordul elő, hogy spirálkarbeli sűrű porfelhőbe merülne bele a Naprendszer. Ilyenkor lecsökken a Nap és a Föld közötti térrész átlátszósága, aminek következtében drasztikusan lecsökken a Földet elérő energiaáram, amiből az élet táplálkozik. Ennek hatására az átlaghőmérséklet több fokot is képes csökkenni, egyfajta jégkorszakot és fajok sorának kihalási hullámát elindítva – egészen addig, amíg ki nem kerül a Naprendszer a sűrű porrétegből. Kiemelkedve a fősíkból viszont más veszéllyel jár: a kozmikus sugárzások akadálytalanabban érhetik el Földünket, ami a felhőképződésre is hatással van, és így szintén befolyásolja a felszíni hőmérsékletet. Ha minden fősík-átmetszés-kor sűrű porba merülnénk, akkor 36–46 millió évenként következne be a

<sup>14</sup> A tervek szerint a 450 millió EUR költségű projekt során a szonda  $m_v = 20$  magnitúdóig 0,2 ezred ívmásodperc, 15 magnitúdóig 0,02 ezred ívmásodperc pontosságú pozícióméréseket fog végezni.

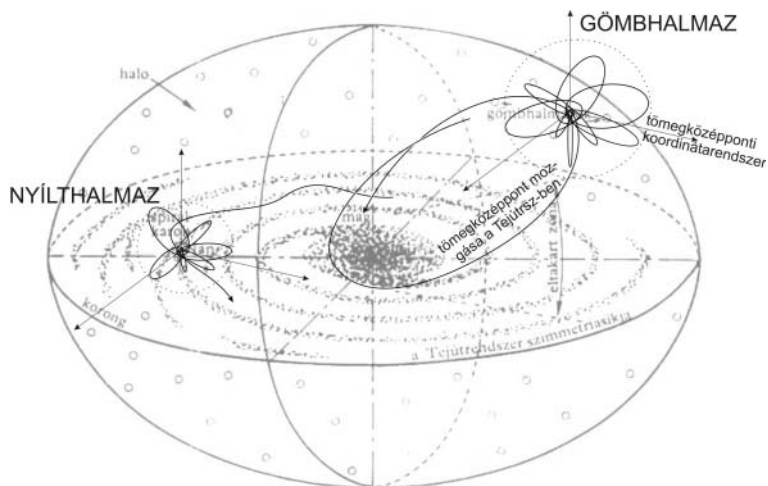
<sup>15</sup> Ekvatoriális koordinátákban: RA  $18^h 28^m 0^s$ , DEC  $+30^\circ$  (galaktikus koordinátákban  $l = 56,24^\circ$ ,  $b = 22,54^\circ$ ) a vizuális megfigyelések alapján. Sebességünk az apex irányába 16,5 km/s. Ez nem keverendő össze a Napnak a Tejútrendszer centruma körüli keringésének sebességével! Naprendszerünk apex irányú relatív mozgását a Napunk kozmikus környezete által (véletlenszerű mozgásaik kiátlagolásával) kijelölhető helyi nyugalmi rendszerhez (LSR, Local Standard of Rest) viszonyítjuk.

kozmosz eredetű jégkorszak. A geológusok és zoológusok által feltárt nagy kihalási időszakok eléggé egybeesnek az említett hatások kombinálásából csillagászok által számolt időszakokkal.

### A csillaghalmazok mozgásai

A csillagok és halmazok tömegközéppontjainak mozgása a Napunk környezetében hasonló. A Tejútrendszer távolabbi vidékein viszont egészen más jellegű, ezen felül a csillaghalmazokat belső mozgások is jellemzik, s ez saját dinamikai fejlődéstörténetet is enged sejtetni.

A folytonos tömegeloszlású rendszerek mechanikájának ismert tétele szerint szferikus tömegeloszlás esetén egy belső pont potenciálját csak a ponton belüli tömegelemek határozzák meg (a külsők hatása tehát kiegyenlíti egymást). Így az adott belső pontban tartózkodó tömegelem (csillag) létrejövő gyorsulásai is csak a tőle bentebb lévő tömegelemek hatásának összegétől függ. Az is bizonyítható, hogy mindaddig, amíg szferikus a tömegeloszlás, addig a tekintetbe vett tömegelemünkre ható erő (és így a tömegelem mozgása) azonos a tömegelemen belüli összes tömeg egyetlen pontban, a tömegközéppontban történő „begyűjtése” esetén fellépő erővel. Amint azonban a tömegeloszlás kezd eltérni a



14. ábra. A tejútrendszerbeli halmazok mozgása a centrum körül és tagjaik mozgása a rendszer tömegközéppontja körül (eltúlzott arányokkal a szemléltetés kedvéért, egy korongbeli nyílthalmaz és egy halóbeli gömbthalmaz példája). Forrás: saját rajzolás, háttér: D. H. Menzel: *Astronomy* (1975, Chanticleer Press Inc., NY).

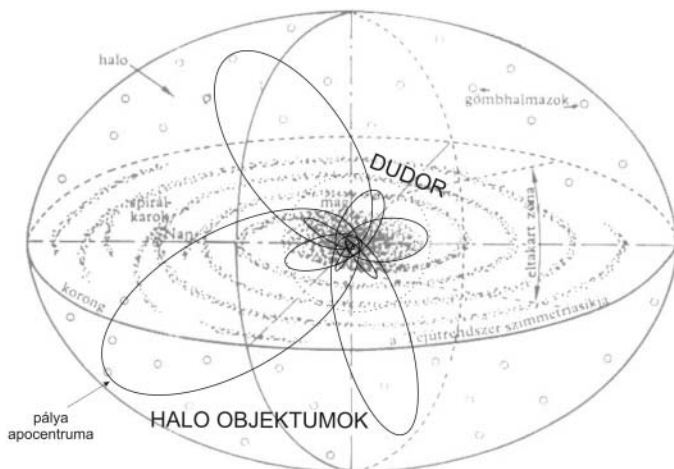
gömbszimmetrikustól, megjelennek az árapályerők, és az eltérés mértékétől függő változások következnek be a kepleritől. Kis eltéréseknél még közelíthető az eredeti pálya egyes jellemzőinek időbeli változásával létrejövő, de még mindig az eredetihez hasonló pályával (a pálya síkja forogni kezd, illetve a síkban maga az ellipszis is forog).

Minthogy a nyílt- és gömbhalmazok csillagai egymáshoz legalább egy nagyságrenddel közelebb vannak, mint a nagy rendszer más csillagai, a mozgásokat érdemes a halmaz saját tömegközéppontjához rögzített koordináta-rendszerben vizsgálni. Így egyszerű pályagörbéket kapunk (kúpszelet-pályákat, illetve ezek időben változó alakjait) mind a tagok mozgására a tömegközépponthoz képest, mind a rendszer tömegközéppontjának mozgására a Tejútrendszerhez képest. Ezzel áttekinthetőbbé válik az összkép. A rendszeren belül a kisebb méretek és a Tejútrendszer belső tömegeihez képest jóval kisebb tömegek miatt sokkal rövidebb keringési idők jellemzik a tagok mozgását. Egy halóbeli, 10 fényév kiterjedésű, 10 000 naptömegnyi tömegű halmazban a peremvidéki csillagokat 500 000 éves keringési idők jellemzik, míg maga a rendszer, egy átlagos, 20 000 fényévnyi fél nagytengelyű pályát tekintve körülbelül 580 millió év alatt kerül meg egyszer a középpontot (14. ábra).

Természetesen az ilyen, önálló, kisebb dinamikai rendszer tagjaira nemcsak az egymás közötti (belső) erők hatnak, hanem a rendszeren kívüli tömegelemek is (külső erők). Minthogy a rendszer tagjai nagyságrendekkel közelebb vannak egymáshoz, mint a környező tömegelemekhez (csillagokhoz), a tömegvonzásnak a távolság négyzetével fordítottan arányos erőssége miatt ezek a külső erők legalább két nagyságrenddel kisebbek lesznek bármelyik tagra nézve, mint a belső erők. Ezért csak másodlagos hatást, az egyszerűsített tárgyalásnál kapott mozgásokhoz képest kis mértékű eltéréseket okoznak.

Mindezek alapján egyszerűen belátható, hogy a centrum közelében, valamint a központi dudorban és annak környékén közelítőleg Kepler-szerű (mindenféle inklinációjú, elnyúlt) pályán keringenek mind a magányos csillagok, mind a halmazok. A halóbeli objektumok első közelítésben szintén keplerihez közeli, tetszőleges pályahajlású és lapultságú ellipsziseken mozognak (15. ábra).

A halóbeli gömbhalmazok centrum körüli mozgásának pontosabb elemzéséhez már nem lehet gömbszimmetrikusnak tekinteni a Tejútrendszer tömegeloszlását. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy a szferikus szimmetriától való nagy eltérések esetén olyan erős perturbációk lépnek fel, hogy már egy keringési idő után sem ugyanoda tér vissza a gömbhalmaz tömegközéppontja, azaz a pálya nem lesz többé zárt. A pályasíkon



15. ábra. A Tejútrendszer központi dudorjában és a halóban található csillagok és halmazok tömegközéppontjainak tipikus mozgása a centrum körül (csak 1-1 keringés minden objektum esetében, utána a pályasíkok és a nagytengelyek irányai különböző mértékben megváltoznak). Forrás: saját rajzolás, háttér: D. H. Menzel: *Astronomy* (1975, Chanticleer Press Inc., NY).

belül gyorsan előreforgó (rozetta-szerű képet rajzoló) ellipszis síkja is gyorsan forog, és még az inklináció is változni fog. A pálya fél nagytengelye pedig oszcillál: két szélső érték között változik.

A halmazok belső dinamikája sem kevésbé érdekes. Az utóbbi években napvilágot látott eredmények tükrében mind a nyílthalmazok, mind a gömbhalmazok belső szerkezetének vizsgálata végett elkülönítünk halmazmagot és halmazhalót. Ezek térbeli csillagsűrűsége és az ott található csillagok tömegeloszlása igen jellemző, és a halmaz fejlődése során jellegzetes változásokon megy át. A csillagok jelentős része elnyúlt ellipszispályán kering a halmaz tömegközéppontja körül, élete során sok százszor keresztülhaladva a halmaz sűrűbb magján is. Bár ez a legtöbb halmaztagnál egyúttal a pálya pericentrum környéki részét is jelenti, ahol az objektum rövid ideig tartózkodik<sup>16</sup> – mégis fontos dinamikai események történhetnek a pályának ezen szakaszán. A csillagok nagy térbeli sűrűsége miatt gyakoriak a „kritikus megközelítések”, és így itt megnövekszik a valószínűsége a befogásos eredetű kettőscsillag-keletkezésnek – vagy ha nem is jön létre szoros

<sup>16</sup> Ennek oka az, hogy a pericentrum környékén a területi sebességek törvénye értelmében igen gyors a mozgás.

kettős, a megközelítés impulzuscserével járhat. Ez pedig a kisebb tömegű csillagoknak a halmaz halójába történő, illetve esetenként a halmazból való végleges eltávozásával járó „kiparittyázását” eredményezi. Ugyanezen folyamat másik következménye, hogy a nagyobb tömegű csillagok közelebb kerülnek a halmaz tömegközéppontjához. Így a halmazok általános fejlődési sora a tömegszeparációval együtt járó lassú magösszehúzódás és a halófelhígulás, illetve a kisebb tömegű csillagok folyamatos távozása a halmazból (ezt nevezik a halmaz párolgásának). Tipikus példa a mag kollapszusán már túljutott fejlődési állapotú gömbhalmazra az NGC 6397. Természetesen ez a vázlatos fejlődési kép a gömbhalmazoknál sokkal erőteljesebben jelentkezik, mint a nyílthalmazoknál (lévén ez utóbbiakban lényegesen kisebb a csillagsűrűség). Találtak olyan gömbhalmazt (NGC 2298), amely valószínűleg csillagainak 80–85%-át is elvesztette már.

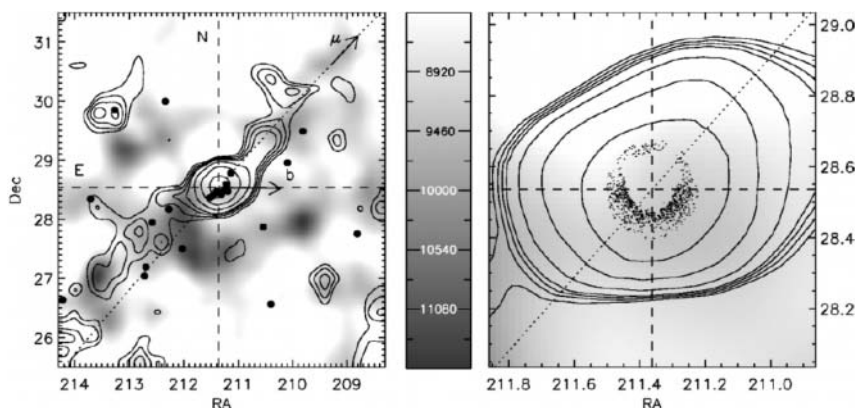
A szoros megközelítésekkel kialakuló szoros kettőscsillagok problematikája jól összeköti a „statikus” képnél tárgyalt vizsgálatokat a „dinamikai” szemlélet eredményeivel: ha a kék tévelygők anyagot cserélő, kölcsönható kettős halmaztagok, akkor többnyire a halmazok centrális vidékein kell találnunk pontszerű röntgenforrásokat. Ezt az eddigi megfigyelések megerősítik (10. kép a színes melléklet XIII. oldalán).

Az is világos, hogy a halmazok tejtűrendszerbeli mozgása is hatással van a belső szerkezetre: a galaktikus centrum körüli keringések során történő korongmegközelítés jelentős árapályeffektussal jár (a korong gömbszimmetriktól lényegesen eltérő tömegeloszlása miatt), ami tovább gyorsíthatja a csillagok eltávozását. Egyes becslések szerint az alacsonyabb galaktikus szélességeken mozgó halmazok esetében ez lehet a döntő oka a halmaz elpárolgásának és nem a belső okok. Az úgynevezett *mozgási halmazok* egy része a korong árapályereje által szétszedett, felbomlott nyílthalmaz lehet, amelyek egykori összetartozását már csak a közös sebesség és az azonos kor árulja el.

Az árapályhatásnak sikerült nyomára jutni a gömbhalmazoknál is. Korábban is ismert volt, hogy a gömbhalmazok nagy többsége nem gömb alakú, hanem enyhén lapult. Ellipticitásuk általában  $0,07 \pm 0,04$ .<sup>17</sup> De ennél komolyabb hatásokról is árulkodtak egyes megfigyelések! Például az NGC 5466 árapálynyúlványai az égen 4 foknál is hosszabban nyúlnak el. Ezt az SDSS égbolt-térképezési program adatainak neuronhálózatos elemzésével sikerült kimutatni a csillagok NGC 5466 körüli eloszlásából (16. ábra).

<sup>17</sup> Más galaxisokban erősebb árapály-kölcsönhatásokról tesznek tanúbizonyságot a gömbhalmazok. Alakjuk átlagos ellipticitása például az Androméda-galaxisban:  $0,09 \pm 0,04$ , a Nagy Magellán-felhőben:  $0,16 \pm 0,05$ , a Kis Magellán-felhőben:  $0,19 \pm 0,06$ .





16. ábra. Az NGC 5466 gömbhalmaz árapálynyúlványai (bal oldali kép: SDSS alapján). Forrás: V. Belokurov és mások, 2006, *ApJ* 637, L29–L32.

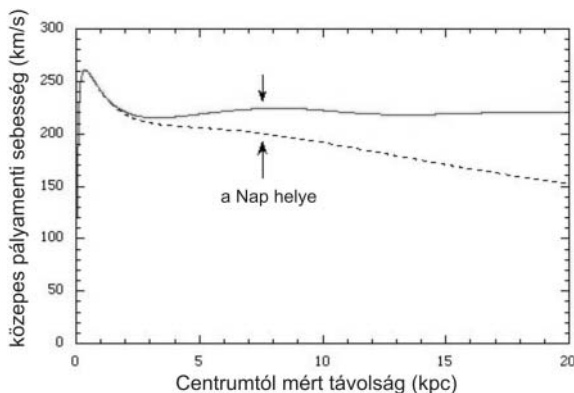
### A sötét anyag legendája

Amint folyamatosan távolodunk a centrumtól, újabb és újabb tömegek esnek belülről és járulnak hozzá az éppen tekintetbe vett külsőbb tömeg-elemek mozgásának kialakításához. A kéttestproblémának megfelelő pálya menti sebesség:

$$v = \sqrt{\frac{\mu}{r}}, \text{ ahol } \mu = G(m + M) \text{ a mozgás során állandó.}$$

$M$  az  $m$  tömegelemen belüli összes (gömbszimmetrikusnak feltételezett eloszlású) tömeg,  $G$  a gravitációs állandó,  $r$  az egyszerűsítésként körrel közelített pálya sugara. Például vegyük a Naprendszert: olyan elenyésző tömegűek a bolygók, hogy amint kifelé haladunk, a  $\mu$  értékében foglalt  $M$  „belül lévő tömeg” mindenhol ugyanaz lesz – nagyjából a Nap tömegével egyenlő – így az egyre távolabbi bolygók pálya menti sebességei rohamosan egyre kisebbek lesznek.

A Tejútrendszer esetében azonban a centrumtól távolodva olyan sok újabb tömeg kerül  $r$  távolságon belülről, hogy a négyzetgyök alatti hányados értéke majdnem ugyanaz lesz, mint kicsit bentebb. Így nagy távolságokon keresztül szinte azonos pálya menti sebességekkel keringenek a csillagok és halmazok (legalábbis sokkal lassabban csökkennek a sebességek, mint a kepleri formula szerint). Ebből visszafejtve: ha valamilyen lépésközből fel-



17. ábra. A Tejútrendszer három komponensű tömegeloszlási modelljéből számolt rotációs sebességek (szaggatott vonal) összehasonlítása a megfigyelt értékekkel (folytonos görbe). Forrás: <http://astro.u-szeged.hu/oktatas/tembevez.html> (közvetlenül Dr. Szatmáry Károly képgyűjteményéből származik, de az eredeti forrás ismeretlen).

térképezzük a pálya menti sebességek  $v(r)$  eloszlását a centrumtól mért távolság függvényében,<sup>18</sup> akkor vissza tudunk következtetni az adott  $r$  távolságon belüli tömegek mennyiségére, azaz megkapjuk a Tejútrendszer összes gravitáló tömegének  $M(r)$  eloszlását. A mérések gyengébb csökkenést mutatnak, mint az ismert tömegeloszlásból következne – tehát valamilyen sötét, nem látható tömeg található a Tejút külsőbb részein (17. ábra).

Olyan anyagfajtáról van szó, amely semmilyen eddig alkalmazott mérés technikával nem mutatható ki közvetlenül, de gravitál, azaz tömegvonzásával befolyásolja a látható anyag mozgását. Mibenlétére nézve felmerült, hogy valamilyen „gyengén kölcsönható” részecskék (WIMP) felhője lehet. Folytak próbálkozások, hogy például a kozmikus sugárzásban kimutassák ezek nyomát, valamilyen kölcsönhatás formájában. Másik elképzelés az volt, hogy a halóban található halvány barna törpékhez, vagy kis fekete lyukakhoz tartozna ez a tömeg. Ilyen objektumokat kerestek például a MACHO felmérés során, azonban nem sikerült kimutatni kellő számban ilyeneket. A program eredményeként kizárható  $10^{-7}$ – $10^2$  naptömeg közötti tömegű bármilyen, barionos összetételű, kompakt objektum-család léte a vizsgált irányban. Napjaink egyik fő feladata ezt a különös anyagformát jobban megismerni: eloszlását, formációit feltárni, fejlődési törvényeit – és a látható anyaggal való kapcsolatát megérteni.

<sup>18</sup> Ezt nevezzük a Tejútrendszer sebességprofiljának.

### Gigászi ütközések, árapálykör tánc

A kinematikai vizsgálatok a Tejútrendszer legkülönbözőbb vidékein találtak az azon a tájékon szokásos sebességeknél lényegesen gyorsabban mozgó csillagokat, halmazokat. Továbbá csillagpopulációs problémák is napvilágra kerültek: például a halóban nem várt módon találtak semleges H felhőket, fémekben gazdag és/vagy fiatal csillagokat, vagy például több gömbhalmazról kiderült, hogy több, igen eltérő korú csillagpopulációt tartalmaznak. Ez utóbbi jelenségnek persze lehet olyan magyarázata is, hogy felül kell vizsgálnunk a halmazok szigorúan vett egyidejű csillagkeletkezésének elképzelését. Erre lehet példa az NGC 6791, az eddig ismert legöregebb nyílthalmaz esete, ahol a fősorozat elfordulási pontja alapján becsült 8 milliárd éves kor mellett a halmazbeli fehér törpék hűlési sora alapján két másik kor: 4 és 6 milliárd év adódott. Még ha a modelljeinkkel is lehet a baj, akkor is legalább két, a hibahatáron túli eltérő korban keletkezettek a halmaz csillagai. Azóta több halmazra vonatkozó hasonló eredmény alapján azt sejtik, hogy legalábbis a nagyobb tömegű halmazok csillagai több hullámban keletkezettek – az első generációs, nagyobb tömegű csillagok élete végén szétszóródott anyaga egy második hullámot is gerjeszthetett néhány százmillió évvel később. A legnagyobbaknál esetleg még egy harmadikat is.

Azonban az  $\omega$  Centauri gömbhalmaz belsejében megtalált körülbelül 40 000 naptömegnyi fekete lyuk léte a több csillaggeneráció meglétével kombinálva már megerősítheti azt a tényt, hogy nem szokásos gömbhalmazról van szó, hanem inkább egy korábban befogott törpegalaxisról, amely halóját és csillagközi anyagát a Tejút általi bekebelezésekor elvesztette. A valódi csillaghalmazokban legfeljebb csillagszerű fekete lyuk(ak) jelentkezését várjuk, például a kiváló ellenpróbának tekinthető NGC 6397 és 47 Tuc gömbhalmazok belsejében a legutóbbi vizsgálatok alapján egyelőre 1, illetve 2 ezer naptömegnél nagyobb fekete lyuk léte zárható ki.

Ez a probléma már kivezet a Tejútrendszerünkől: az „ide nem valónak” ítéltető anyagformák tehát a környező térségünkben található kisebb tömegű kísérőgalaxisokból származhatnak. Ezekről a Lokális csoport közös tömegközéppontja körüli keringésük során, Tejútrendszerünk kiugróan magas tömege és nagy mérete miatt fellépő árapályhatások hatalmas, a térben elnyúló csillag- és gázanyag-láncolatot szakíthatnak le, és ránthatnak át a mi anyagunkat gyarapítva ezzel. Már régóta ismert, hogy a hozzánk igen közeli (gyakorlatilag a halóba merülő) Kis és Nagy Magellán-felhőktől egy hatalmas kiterjedésű, hosszan elnyúló áramlat húzódik Tejútrendszerünk körül. Ezt a rádiótartományban vég-

zett HI feltérképezések során fedezték fel az ausztrál Parks rádiótávcsővel (11. kép a színes melléklet XIV. oldalán).

A már emlegetett szteλλárstatistikai módszerek visszaköszönnek ennél a problémánál is. A mind ez ideig legátfogóbb égboltfelmérési program (SDSS) során 14 új struktúrát fedeztek fel a Tejútrendszer centruma körüli 75 000 fényévnyi sugarú térrészben, azaz a galaktikus halóban. A Lokális csoportban csak az Androméda-galaxis múlja felül Tejútrendszerünket tömegében, az összes többi kis galaxis úgynevezett törpegalaxis. Ezekből is több mint egy tucatnyi újat fedeztek fel az utóbbi években. Tejútrendszerünk árapályhatása nagyjából 300 000 fényévnyi távolságig terjedhet, ezen belül a becslések szerint akár ezernyi „csillagfoszlány” is tanúskodhat a múltbeli gravitációs kölcsönhatásokról. Természetesen ezek nem feltétlenül különböző törpegalaxissal történt ütközésből (avagy a két galaxis szoros megközelítéséből) származnak, hanem esetenként ugyanannak a törpegalaxisnak nagyobb térrészben szétcent árapályívének más-más irányban látszó részletei (12. kép a színes melléklet XIV. oldalán).

A nemrégiben feltárt alakzatok magyarázatot adhatnak sok csillag, illetve halmaz korábban érthetetlen, esetleg félremagyarázott rendhagyó tulajdonságaira is – hisz ezek a törpegalaxisok mind fémtartalmukban, mind objektumaik korában jelentősen eltérhetnek a tejútbeliektől, és szinte a felismerhetetlenségig belekeveredhettek a 12–13 milliárd év alatt a korongba és a legbelső vidékekbe is.

Az viszont már csak számítógépeink és képzeletünk játéka marad még igen hosszú ideig, hogy vajon ezt a ma ismert képet milyen mértékben és hogyan fogja átalakítani az a gigászi ütközés, amely körülbelül 4,5 milliárd év múlva fog bekövetkezni, amikor nagyobb testvérünk, az Androméda-galaxis „összeütközik” Tejútrendszerünkkel. Valószínűleg az egész Lokális csoport képét és mindkét óriás spirálgalaxis belső struktúráját alapvetően átrendezi majd ez az ütközés. Ha akkor még lesz emberiség, fantasztikus dolgokat tapasztalhatnak majd meg, de jövőbeli sorsunkért nem e gigantikus galaxisütközés kapcsán kell aggódnunk...

A cikkünkben összefoglalt ismeretek csak egy ideiglenes – habár igen fontos – állomását képviselik tágabb otthonunk megértésének. A néhány év múlva induló Gaia-űrszonda valószínűleg sok még nyitott kérdésre pontos és végleges választ tud majd adni Tejútrendszerünk szerkezetére és természetére nézve, de meglepő új tényeket is fel fog tárni, még több kérdést felvetve. Akkor majd érdemes lesz ismét fellapozni ezeket az oldalakat, és összehasonlítani, mi nem állta ki az idők próbáját, és mi kapott megerősítést az itt felsorolt megállapítások körében.

**Ajánlott irodalom:**

Ábrahám P. – Kiss Cs.: A hideg Világegyetem varázslatos világa – csillagászat a rádióon innen, a vörösön túl. *Magyar Tudomány*, 2009/10, 1156–1167. o.

Binney, J. – Merrifield, M.: *Galactic Astronomy*. Princeton Univ. Press, 1998.

Érdi B.: *Égi mechanika*. Tankönyvkiadó, 1989.

Kun M.: Hogyan lett a Tejútból Tejútrendszer? In Feltárul a Világegyetem. *Természet Világa*, 2009/I különszám, 35–38. o.

Kun M. – Szabados L.: A Tejútrendszer változó arculata. *Magyar Tudomány*, 2004/6, 722–731. o.

Kühn, L.: *The Milky Way*. John Wiley & Sons, 1982.

Marik M. (szerk.): *Csillagászat*. Akadémiai Kiadó, 1989.

<http://www.americanscientist.org/template/AssetDetail/assetid/21173>

<http://astro.u-szeged.hu>

<http://chandra.harvard.edu/photo>

<http://en.wikipedia.org>

<http://icsip.elte.hu>

<http://hirek.csillagaszat.hu>

**A színes mellékletben található illusztrációk forrásai:**

1. kép. <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap031013.html> (John Bally (Univ. Colorado) és Bo Reipurth (Univ. Hawaii), NOAO, AURA, NSF)
2. kép. Dr. Kiss Z.
3. kép. [http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/image/0501/ngc2467\\_gemini\\_big.jpg](http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/image/0501/ngc2467_gemini_big.jpg) (APOD 2005.01.31. szerzők: T. Rector (Univ. Alaska Anchorage), Gemini Obs., AURA, NSF)
4. kép. NASA, ESA és K. Sahu (STScI PRC01-20) – APOD 2001.07.03.
6. ábra. B. J. Mochejska és J. Kaluzny (2001, APOD 2001.02.23. például: <http://www.astronet.ru/db/xware/msg/apod/2001-02-23>)
5. kép. ESA, Planck HFI Consortium, IRAS (például: APOD 2010.03.11. [http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/image/1003/cold dust\\_planck\\_big.jpg](http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/image/1003/cold dust_planck_big.jpg))
6. kép. B. Y. Welsh, R. Lallemand, J.-L. Vergely és S. Raimond (2010, A&A 510, A54)
7. kép. C. G. T. Haslam, C. J. Salter, H. Stoffel és W. E. Wilson (1982, A&ASS 47, 1)
8. kép. <http://chandra.harvard.edu/photo/2010/sgra> (NASA, 2010)
9. kép. L. Huff (American Scientist) és P. Frisch (Univ. Chicago) APOD 2000.04.08. ([http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/fap/image/0004/localcloud\\_frisch.jpg](http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/fap/image/0004/localcloud_frisch.jpg))
10. kép. [http://chandra.harvard.edu/photo/2001/0004/0004\\_xray\\_gbopt\\_comp.jpg](http://chandra.harvard.edu/photo/2001/0004/0004_xray_gbopt_comp.jpg) (optikai kép: ESO/Danish 1.54-m/W. Keel és társai; röntgen: NASA/CfA/J. Grindlay és társai, 2001)
11. kép. D. L. Nidever és társai, NRAO/AUI/NSF; valamint A. Mellinger, LAB Survey, Parkes Obs., Westerbork Obs., Arecibo Obs. (APOD 2010.01.25.) <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap100125.html>
12. kép. N. Martin, R. Ibata (Observatoire de Strasbourg, 2003), valamint 2MASS, NASA. Például: [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/C/Canis\\_Major\\_Dwarf\\_galaxy.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/C/Canis_Major_Dwarf_galaxy.html)

## Képmelléklet

### Hegedűs Tibor: A Tejútrendszer napjainkban című cikkéhez

1. *kép.* A Pelikán-köd egy részlete. A kép felső peremén kívüli forró fiatal csillagok UV-sugárzása miatt a képen fentről lefelé terjedő ionizációs front fénylő határvonala a kép legszembeötlőbb jellegzetessége (APOD 2003. október 13., készült: a 4 méteres Mayall távcsővel, Kitt Peak National Observatory, Arizona, USA). IX. oldal.

2. *kép.* Az égbolt egy részének extinkciós térképe (galaktikus koordináta-rendszerben ábrázolva, az anticentrum van közepén, a centrumtól keletre és nyugatra  $90^\circ$  irányok a jobb és bal széleken). A színkép színeinek megfelelően kódolt a térkép: sötétkéktől a zöldön át minél inkább közeledünk a vörös felé, annál nagyobb az extinkció értéke. (A képen belüli skála: magnitúdóban – 2MASS eredmény.) IX. oldal.

3. *kép.* Az NGC 2467 jelű nyílthalmaz és a hozzá társuló köd képe (Gemini South távcső). X. oldal.

4. *kép.* Egy öreg gömbhalmaz belsejében zsúfolódó csillagok (M22, HST WFPC2 kép). A képmező 3,3 fényév széles és körülbelül 100 000 csillagot tartalmaz. X. oldal.

6. *ábra.* Egy tipikus gömbhalmaz HRD-je (M55, kora:  $12,5 \pm 1$  milliárd év). Figyeljük meg az elfordulási ponton túli nagyszámú „kék tévelygőt” és ezek fölött távolabb a horizontális ágat! XI. oldal.

5. *kép.* A Tejútrendszer cirrusz-alakzatai a Planck-űrtávcső képén. XI. oldal.

6. *kép.* A Lokális buborék stellárstatisztikai módszerekkel feltérképezett eloszlása (a kép a Galaxis északi pólusa fölüli nézet, azaz az x-y síkbeli anyageloszlást szemlélteti). A skála mindkét tengelyen parszekben értendő, az origóban a Nap. A sötétebb tónus nagyobb anyagsűrűséget jelöl. XII. oldal.

7. *kép.* Az Északi Poláris Hurok (NPS) képe 73,5 cm-es hullámhosszon (408 MHz, rádió). XII. oldal.

8. *kép.* A Sgr A környezete a Chandra-űrtávcső felvételén (1999–2009 között készült 43 felvétel alapján). A színezés a sugárzás energiájával kapcsolatos: vörös: 2–3,3 keV, zöld: 3,3–4,7 keV, kék: 4,7–8 keV. A kép látómezeje a centrum távolságában körülbelül 110 fényév. XII. oldal.

9. *kép.* A Nap és környezetének mozgása. XIII. oldal.

10. *kép.* A 47 Tuc gömbhalmaz optikai képe és a centrális vidékek röntgensugárzó objektumai a Chandra felvételén (kiemelt rész) – ezek valószínűleg kölcsönható szoros kettősök, és azonosak a halmaz „kék tévelygői”-vel. XIII. oldal.

11. *kép.* A Kis és Nagy Magellán-felhők Tejútrendszerünkkel történő korábbi ütközéseiről (megközelítéseiről) tanúskodó csillag- és gázáramlatok (a képen rózsaszínűen kódolva). Ezek anyaga Tejútrendszerünk saját objektumaihoz képest rendellenes sebesű és fémtartalmú. XIV. oldal.

12. *kép.* A Cma törpegalaxisnak a Tejútrendszer korábbi megközelítései során leszakított darabjainak vázlatos eloszlása a jelenlegi Tejút struktúrájában. XIV. oldal.

### Budavári Tamás: A Világegyetem színe című cikkéhez

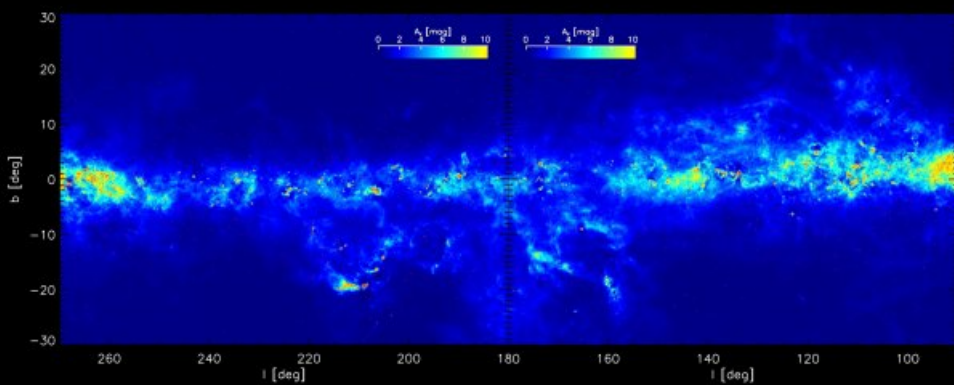
2. *ábra.* M33, a Triangulum-galaxis GALEX-képe. XV. oldal.

3. *ábra.* Három NGC-galaxis – balról jobbra: gyerek, serdülő, felnőtt. XVI. oldal.

4. *ábra.* M83, a Déli Szélkerék-galaxis. XVI. oldal.



*Hegedűs Tibor: A Tejútrendszer napjainkban, 1. kép*



*Hegedűs Tibor: A Tejútrendszer napjainkban, 2. kép*

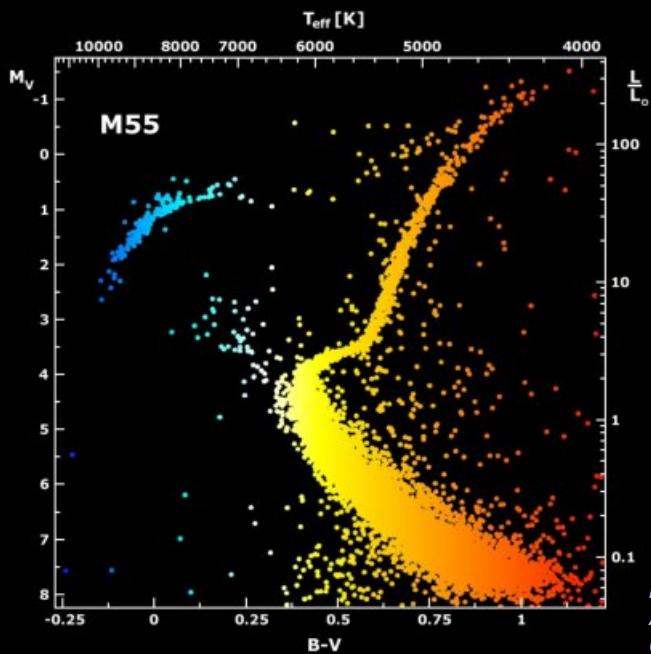




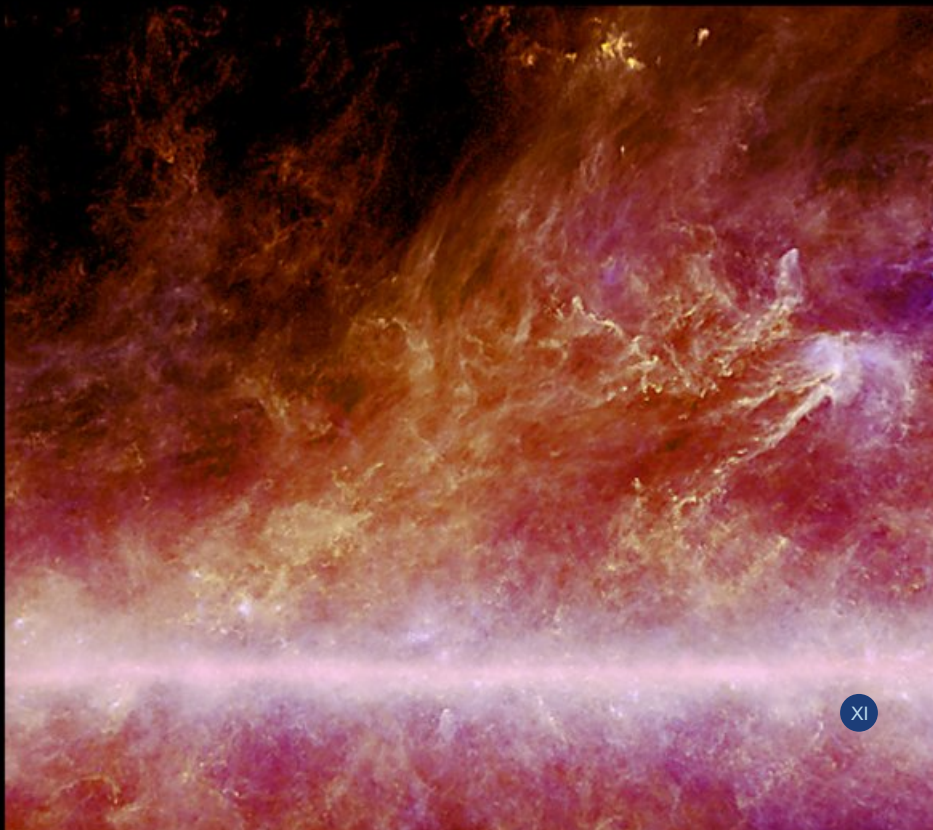
*Hegedűs Tibor: A Tejútrendszer napjainkban, 3. kép (felül), 4. kép (alul)*

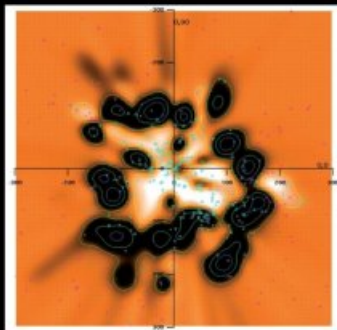
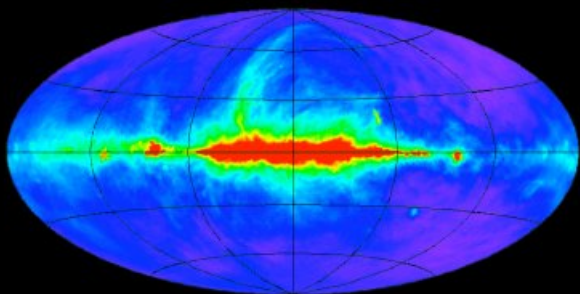






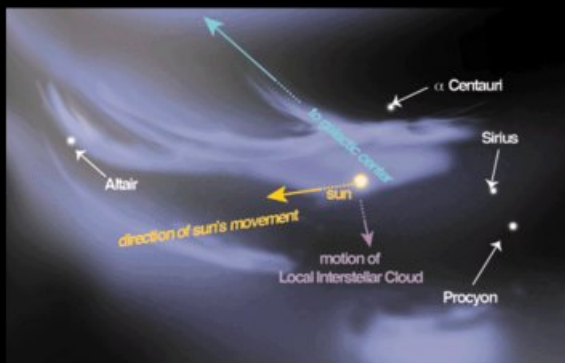
Hegedűs Tibor:  
A Tejútrendszer napjainkban  
6. ábra (balra), 5. kép (alul)



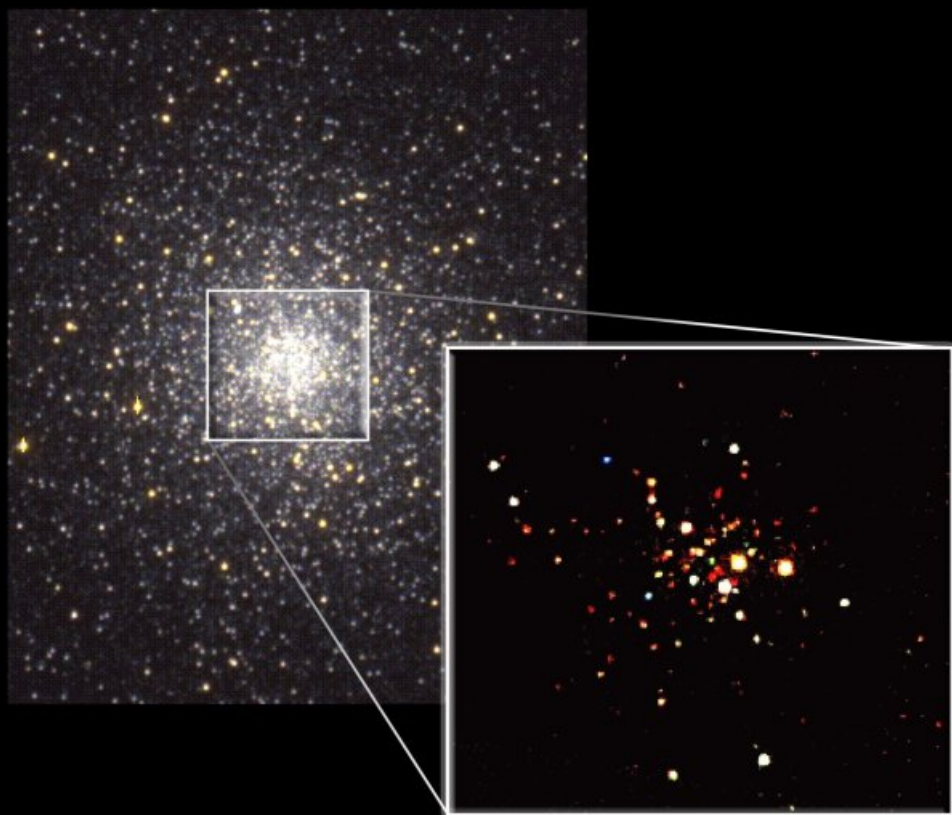


Hegedűs Tibor: A Tejútrendszer napjainkban, 6. kép; 7. kép (felül), 8. kép (alul)



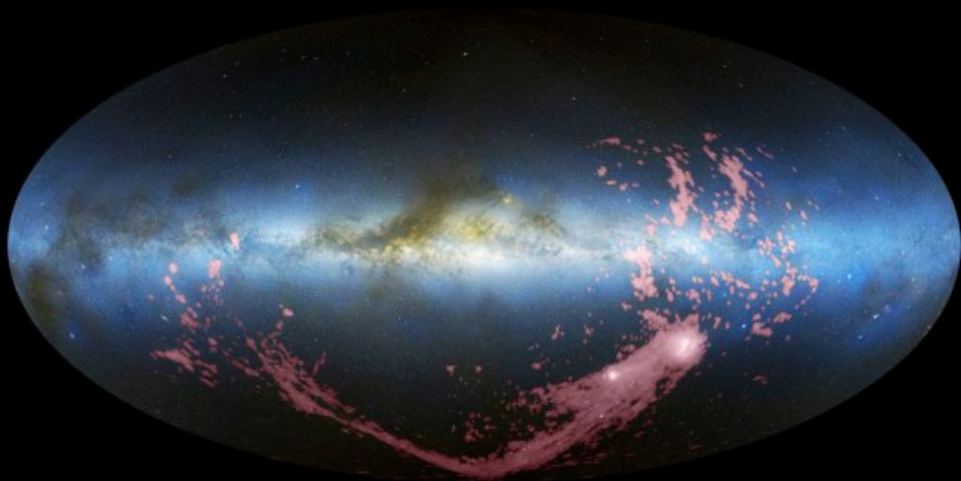


Hegedüs Tibor: A Tejútrendszer napjainkban, 9. kép

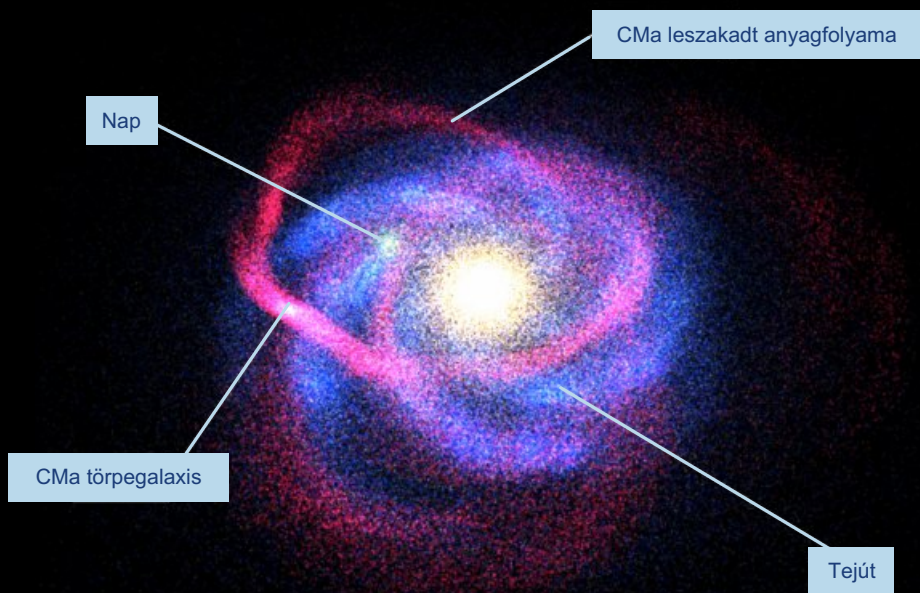


Hegedüs Tibor: A Tejútrendszer napjainkban, 10. kép





*Hegedűs Tibor: A Tejútrendszer napjainkban, 11. kép*



*Hegedűs Tibor: A Tejútrendszer napjainkban, 12. kép*





*Budavári Tamás: A Világegyetem színe, 3. ábra*



*Budavári Tamás: A Világegyetem színe, 4. ábra*

# BUDAVÁRI TAMÁS

## A Világegyetem színe

Közhely talán, hogy az Univerzum sokszínű és változatos, de biztosan sokan nem tudtunk még betelni magával a látvánnyal. Manapság az érdeklődő olvasó saját szemével is meggyőződhet az égbolt ékességéről egy böngésző segítségével. Például a *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) egyedülálló felvételeit bárki otthon is tanulmányozhatja [1], és ismeretterjesztő leírásait csaknem egészében magyarul is olvashatja [2]. A *Google Sky* [3] és a letölthető *WorldWide Telescope* [4] az internetes élményt modern grafikai felületükkel tovább fokozzák, hogy interaktívan mutassák be az éjszakai égboltot. Egy másik rendkívüli projekt keretében mi is részt vehetünk a csillagászati kutatás élvonalában folyó elemzésekben, ha a *GalaxyZoo* szépséges képkivágásait előre meghatározott osztályokba soroljuk [5]. Ezek és további érdekes honlapok [6] részben azért is jöttek létre, mert a hihetetlen mennyiségű felvétel a szakemberek már nem is tudják végignézni, főként „csak” számítógépesített statisztikai eszközökkel keresik az összefüggéseket, valamint a szokatlan jelenségeket. Szóval a Világegyetem érdekes és változatos, de hogy milyen a színe?!

### Színek a csillagászatban

Tiszta éjszakákon szabad szemmel is láthatjuk, hogy a csillagok különböző színekben pompáznak. Bizonyára sokan tudják azt is, hogy a kibocsátott fény hullámhosszát alapvetően a hőmérséklet határozza meg: minél forróbb a csillag, annál kékebb a fénye. A galaxisok, az Univerzum alapvető építőkövei sok millió, illetve milliárd csillagot tartalmaznak. Azok is sokfélék, és színeik árulkodnak jellemző tulajdonságaikról, valamint az Univerzum tágulásából származó vöröseltolódáson keresztül a tőlünk mért távolságukról is. Persze erős nagyítás nélkül legtöbbjük nem látható, de a modern távcsövekkel több százmillió galaxist



térképeztünk már fel. A csillagászok gyakran dicsekszenek azzal (és ebben a jelen cikk írója is részben vétkes), hogy ők a legjobb laboratórium, mert az egész Világegyetemben vizsgálódnak. Az igazság az, hogy csupán megfigyeléseket tudunk végezni az elektromágneses spektrum különböző hullámhosszain, de kísérletet végezni természetesen nem. A szemünkhöz hasonlóan és a digitális fényképezőkkel megegyezően a fotometriai detektorok is színszűrőkön keresztül látják az eget. A *színek* pontosan megfogalmazott definíciója van: a szín két sávszűrőben mért fény intenzitásának arányát fejezi ki logaritmikus skálán. Előnye, hogy a forrás fényességétől független.

A források színe és tulajdonságai közti összefüggéseknek rendkívül fontos szerepük van, amit legjobban úgy vizsgálhatunk, ha minél nagyobb lefedettséget igyekszünk elérni a megfigyelhető tartományban. Természetesen különböző hullámhosszakon mások a műszerek, illetve a technikai megoldások, ezért az észlelések tipikusan más és más detektorokkal készülnek. Praktikusan ez azt jelenti, hogy az adatokat össze kell keresni és egyesíteni az elemzésekhez. *Virtuális Obszervatórium* (vagy röviden VO) a kódneve annak a nemzetközi kezdeményezésnek [7], melynek célja, hogy ezt a feladatot minél könnyebbé tegye az internetes adatárak kezelési és programozási felületeinek szabványosításával. Ennek az új csillagászati eszközöket kifejlesztő munkának az Eötvös Loránd Tudományegyetem kutatói is aktív részesei [8].

## Ultraibolya-égbolt, a hiányzó láncszem

Különös figyelmet érdemel az ultraibolya-csillagászat, mert e téren komoly fejlődésnek lehettünk szemtanúi a közelmúltban. A terület jelentősége abban áll, hogy betekintést nyerhetünk a legforróbb fiatal csillagok életébe, valamint a csillagok születése és halála körüli időkbe. Mivel a távoli galaxisok fénye eltolódik a hosszabb hullámhosszak irányába, ezért azok ultraibolya sugárzása viszonylag jobban ismert az optikai észlelésekből, azonban a jelenkor közeli galaxisainak csillagkeletkezéséről meglepően keveset tudunk meg az ultraibolya-égbolt megfigyelése nélkül.

A spektrum ibolyántúli tartományában nagyon nehéz megfigyeléseket végezni, mert a magaslégköri ózonpajzs az UV sugárzást (az angol ultra-violet rövidítése) túlnyomórészt sikeresen kiszűri. Megfigyeléseket csak a védőburkon kívülről lehet végezni körülbelül 40 km feletti magasságokban. Alapvetően háromféle megoldás létezik: rakétával, ballonnal vagy műholddal juttathatunk távcsövet ilyen magasba. Talán nem meglepő,



hogy mindhárom módszert kipróbálták már. A rakéták tipikusan száz kilométer magasba emelik a mérőműszereket, ahol azok 5–20 percig gyakorlatilag állandó magasságban „lebegnek”, mielőtt a Földre rohamtempóban visszatérnének. Jóllehet ez az időtartam nem tűnik soknak, de egy-egy objektum spektroszkópiai megfigyelésére elegendő lehet. A módszer nagy előnye relatív olcsóságában rejlik, főként, ha tekintetbe vesszük, hogy ballonnal 40 km-nél magasabbra nemigen lehet emelkedni. Azért onnan is lehet látni ultraibolyában: a francia FOCA kísérletnek legalábbis sikerült. Negyven centiméter átmérőjű távcsőjével egy akkor (1991-ben egy ballon segítségével a sztratoszférába emelkedve) igen jelentősnek mondható 2,2 négyzetfokos területet fedett le a 200 nm körüli UV sávszűrővel. Közben egy nemzetközi kutatócsoport új ultraibolya kísérletet tervezett. A *Joint Ultraviolet Nightsky Observatory*, vagy röviden JUNO, egy olyan kis műholdnak indult, amit az amerikai és olasz partnerek a két ország kutatási alapjaiból készítenek el. A pályázat mindkét oldalon sikeres volt, és a részletes tervek is időre elkészültek. A műhold mégsem került a munkapadokra a pénzek ütemezésének összeférhetetlensége miatt. Más műholdas észlelések azonban készültek. A *Hubble*-űrtávcső fedélzetén több műszer is érzékeny az ibolyántúli sugarakra. A WFPC2 és az ACS kamerákra egyaránt tehető ultraibolya szűrő (300 nm, illetve 250 és 330 nm), de a CCD detektoruk érzékenysége szigorú határt szab az áteresztő hatásfokuknak – persze a HST képeit nem kell bemutatnunk az Évkönyv olvasóinak.

## GALEX: az ultraibolya űrtávcső

Mára az amerikai űrkutatási hivatal, a NASA Nagy Obszervatóriumai segítségével az elektromágneses spektrum jelentős részét sikerült lefedni. A *Hubble* 1993 (az első szerviz) óta kápráztat el minket nagyfelbontású, mély felvételeivel, főként a látható fény hullámhosszain. A *Compton Gamma Ray Observatory* 1991–2000 között üzemelt, és a Világegyetem legvadabb fizikai folyamatait, a gammakitöréseket tárta elénk. A *Chandra* műhold röntgenmegfigyeléseit 1999-ben kezdte, a 2003 óta működő *Spitzer* pedig az infravörösben készít felvételeket. A Spitzert leszámítva ezeket a sok tonnás készülékeket az űrsiklók állították Föld körüli pályára. Hozzájuk képest porszem az a kis űrszonda, ami az ultraibolya-csillagászatot a közelmúltban megreformálta.

A *Galaxy Evolution Explorer* (1. ábra) vagy röviden GALEX [9] egy Pegeus-rakétán indult pályájára 2003. április 28-án. Tömege mindössze

280 kg, és összecusukva beférne egy furgon hátuljába. De ne tévesszen meg senkit szerény megjelenése, mert félméteres tükrevel és 1,2 fokos látószögével mára lefedte az ég kétharmadát két fotometriai színszűrőjével a 140–170 nm (FUV: távoli ultraibolya) és 180–275 nm (NUV: közeli UV) hullámhossztartományokban. Detektorait kimondottan az UV fotonok észlelésére tervezték, ezért a tükör alatt nem a szokványos CCD megoldást találjuk, így például nincs kiolvasási zaj. A szonda minden egyes fotont rögzít és elküld a földi állomások egyikére. Az adatfeldolgozó rendszer képeket épít a fotonokból... méghozzá milyen képeket!

A 2. – a színes melléklet XV. oldalán látható – ábrán az M33-at, azaz Charles Messier 1764-ben lejegyzett katalógusának 33. objektumát láthatjuk a GALEX szemével. Másik nevén a Triangulum-galaxis az északi égbolt második legfényesebb galaxisa a szabad szemmel is látható Andromeda-köd után, és jól ismert szereplője a csillagászati atlaszoknak. A GALEX-felvétel azonban eltér a megszokott képektől: a spirálkarokban itt jól látható kékes és fehér gócot figyelhetünk meg. Ezek a fénylő, forró gázfelhők, az úgynevezett H II régiók (a bennük túlnyomó részben található ionizált hidrogénre utaló elnevezéssel) a csillagkeletkezés csomó-



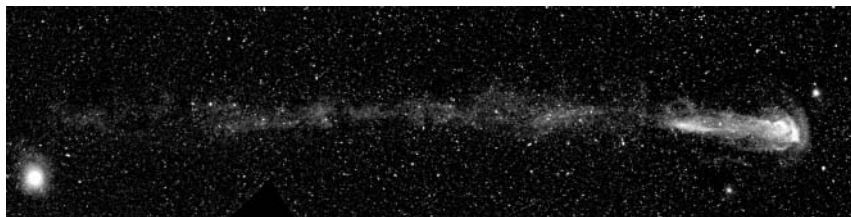
1. ábra. A GALEX szerelés közben.

pontjai. Az NUV sávban a 100 millió évnél fiatalabb csillagok világítanak, míg az FUV szűrő a 10 millió évnél is fiatalabbakat emeli ki.

Az egyik legjelentősebb GALEX-eredménynek talán a galaxisok fejlődésének részletes vizsgálatát tekinthetjük. A csillagászok régóta keresik a galaxisok jellemzői és környezetük közötti összefüggést. Alapvetően két versengő elmélet létezik, melyek között a különbség egy egyszerű kérdésre adott válasz: vajon egy galaxis tulajdonságait csupán a születéskori kezdeti feltételek határozzák meg, vagy fontosabb a környezet hatása. A probléma analóg azzal az ismert pszichológiai kérdéssel, amely az emberi viselkedés örökölt vagy tanult mivoltát firtatja. Természet vagy nevelés? A galaxisoknál immár ismerjük a választ. Tudjuk, hogy a galaxisok alapvetően két csoportot alkotnak. A kisebb kék galaxisok alakja spirális vagy szabálytan, és aktív csillagkeletkezés folyik bennük. Ezzel szemben a vörösek tipikusan nagyobbak és elliptikusak. A GALEX-adatok bizonyítják a közöttük fennálló kapcsolatot: minden galaxis kicsinek születik, és úgy növekszik, ha másokkal összeolvad. A kölcsönhatásban alakja és csillagkeletkezési rátája jelentősen módosulhat. Végül pedig az összes üzemanyagot felégetve leáll a csillaggyártás. Az űrszonda több millió galaxist rögzített az ultraibolya tartományban. Sok tízezer anatómiája is jól kivehető a 3 ívmásodperces, nagy felbontásnak köszönhetően. Köztük megtaláljuk azokat a ritka galaxisokat is, amik félreérthetetlenül mutatják az átmenetet a fiatal, kék és az öreg, vörös galaxisok között. A 3. ábra a színes melléklet XVI. oldalán ezt a folyamatot illusztrálja.

A 4. ábra (lásd a színes melléklet XVI. oldalán) közepén a Déli Szélkerék-galaxis díszeleg, az M83. Ez az egyik legmélyebb, vagyis leg-hosszabb expozíciójú GALEX-felvétel közeli galaxisról. De várjunk csak! Mik azok a kék pontok a kép szélén? Ha alaposabban szemügyre vesszük a periféria objektumait, sok újszülött csillagot, illetve egész csillaghalmazokat fedezhetünk fel. Némelyik távolsága a középponttól eléri a 140 ezer fényévet is. Ez azért furcsa, mert a galaxisok külterületein tipikusan nincsenek meg a csillagkeletkezés alapvető feltételei, a sűrű gázfelhők. Az M83 az amerikai *Very Large Array* (VLA) rádiómegfigyelései közt is szerepelt. Érdekes, hogy a 21 cm-es rádióintenzitás, amelyet a jobb oldali képen pirossal mutatunk, pontosan magában foglalja a GALEX-kép fiatal csillaghalmazait. Ez a helyzeti egyezés segít-het pontosabban megérteni a jelenséget.

Mielőtt visszakanyarodunk az adatok statisztikai elemzéséhez és a Világegyetem színének kérdéséhez, nézzünk meg még egy rendkívüli GALEX-felvételt, amely a közelmúltban mintegy sokkolta az egész csillagász társadalmat. A tőlünk 350 fényévre lévő Mira Ceti az égbolt egyik



5. ábra. A Mira Ceti és csóvája.

legismertebb csillaga, aminek fényváltozását több mint 400 éve fedeztük fel, de valószínűleg már az ókori kultúrák is ismerték. Napunkhoz hasonló csillagként kezdhette, de mostanra fejlődésének végső szakaszába lépett, és mi már egy változó vörös óriásként ismerhetjük. Sőt, valójában kettős rendszer. A vörös óriástól mintegy 100 csillagászati egységre kering kicsiny kísérője. Az UV-adatok a Mira egy eddig nem ismert, egészen új oldalát mutatják be. A csillag nyomában egy üstökösszerű, hatalmas csóvát látunk (5. ábra).

Igazi „hullócsillagként” repül az égbolton, és maga mögött egy 2 fok hosszú csíkot húz. Mintegy 30 ezer év alatt növesztette ezt a 13 fényév hosszú farkát. A GALEX-felvétel sok apró részletet tár elénk. A turbulens csóvában hurkokat, örvényeket látunk, a csillag előtt pedig egy szabályos lökeshullámot, mint egy repülő puskagolyó esetén. Az UV-adatok alapján a közeg hidrodinamikai elemzését is remélhetjük. A csóva analízise kimutatta, hogy a száguldó csillag nyomában szén és oxigént is találunk – levedlett anyagot, amiből később új csillagok és bolygók alakulhatnak majd ki. Bár a megfigyelés rendkívüli, valószínűsíthető, hogy nem egyedülálló jelenség, hanem általános, és talán a mi Napunk is így vívja majd haláltusáját 5 milliárd év múlva.

## Népszámlálás a fotonok közt: a kozmikus spektrum

Természetesen a legtöbb galaxis túlságosan kicsi az égen ahhoz, hogy alakjáról és belső szerkezetéről pontos képet kapjunk, de statisztikai elemzésekkel nagyon sokat megtudhatunk róluk fényességük és színük alapján. Kitzúzott célunk most az, hogy mindebből kihámozzuk, hogy milyen a Világegyetem átlagos spektruma. Ha az összes galaxist egyenletesen felkennénk egy ív papírra, milyen színű lenne az egészen mesziről?

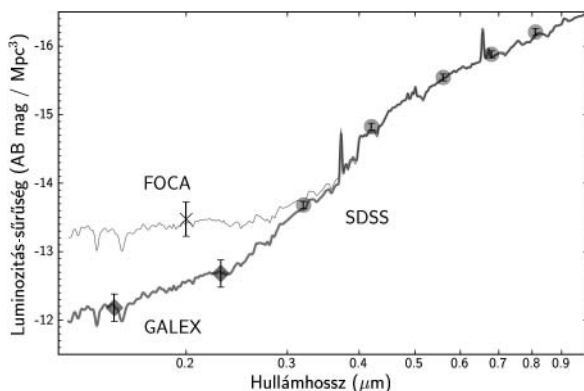
Először is viszonylag jó közelítéssel megállapíthatjuk a galaxisok távolságát, azaz a kozmikus tágulásból adódó vöröseltolódásukat. Lehetőséget erre az ad, hogy sokféleségük ellenére nagyon sok hasonlóság is van a galaxisokban. Egészen leegyszerűsítve gondolhatjuk például, hogy a csillagok fényét elsősorban egyetlen paraméter, a hőmérsékletük határozza meg, a galaxisok pedig a különböző csillagok kombinációjaként állnak elő. Persze ennél jóval bonyolultabb a fizikájuk, mégis tapasztalathból tudjuk, hogy néhány paraméterrel egészen jól leírhatjuk az észlelt színeket. A vöröseltolódás fotometriai meghatározása általánosan elfogadott és gyakran használt trükk, amikor pontos spektroszkópiai mérések nem állnak rendelkezésre minden forráshoz. A módszer relatív pontatlanságát kompenzálja a sokszorta nagyobb adathalmaz. A vöröseltolódással egyetemben, konzisztens módon megállapíthatjuk az objektumok típusát és abszolút fényességét is. Egy ilyen katalógussal már nekiláthatunk a népszámlálásnak a fotonok között.

Könnyen összeszámolhatjuk a galaxisokat. Ismerve az észlelésekkel lefedett égi területet valamint az objektumok távolságait, a galaxisok térbeli sűrűségét is megbecsülhetjük. Ezt a sűrűséget az abszolút fényesség függvényében ábrázolva kapjuk a *luminozitási függvényt*. Mint a legtöbb gyakran emlegetett dolognak, rövidítése is van: LF. Valamilyen kozmikus ösz-

szeesküvés folytán a mérési adatok sorra jól illeszthetők Paul Schechter 1976-os képletével, amely egyszerű szorzata egy hatványfüggvénynek a halvány objektumokra, illetve egy exponenciálisnak a fényesekre. Ez a Schechter-féle LF sikeresen simul az optikai, az infravörös, az ultraibolya stb. tartományban észlelt katalógusok adataihoz, és ehhez mindössze két paramétert ( $\alpha$  – a LF meredeksége kis luminozitásokra – és  $M^*$  – abszolút magnitúdó) kell állítgatnunk. Néhány hihetőnek tűnő érvünk ugyan van, hogy miért működik ilyen jól a formula, de a részletek nem egészen nyilvánvalóak – ahogy ezt a 6. ábra találóan karikírozza. A híres formula grafikonja mellett a két paramétert is feltüntették.



6. ábra. Bruno Binggeli (1987) rajza.



7. ábra. Kozmikus spektrum

Tehát a luminozitási függvény megmondja, hogy adott fényességű galaxisokból mennyi van az Univerzumban. Ha ezt az eloszlást beszo-rozzuk magával a fényességgel, egyszerűen felösszegezhetjük a *lumino-zitás-sűrűséget*. Ha ezt a gyakorlatot több különböző hullámhosszon is elvégezzük, felrajzolhatjuk az egész Világegyetem átlagos spektrumát, ami a 7. ábrán látható.

A mérési pontok a GALEX és az SDSS, valamint a régi FOCA adataiból származnak. Az újonnan illesztett spektrum ultraibolya része jelentősen, majd egy magnitúdóval eltér a korábbi FOCA-eredménytől. A GALEX adatai több más alapvető összefüggésre világítottak még rá, de ezekről a statisztikai elemzésekről itt most nem szólnunk.

Hogy milyen a Világegyetem színe? Mi milyennek látnánk? Ehhez ismer-nünk kell az emberi szemet is. A csapok érzékenységi tartományáról készült tanulmányok igen érdekesek. Az X, Y és Z receptorok karakterisztikája jó közelítéssel rendre a vörös, zöld és kék hullámhosszakon maximális [10].

Ennek ismeretében a kozmikus spektrum tökéletesen leírja a „színt”, mégis a meghatározás nagybacska fejtörést okozott a kutatóknak. Az alapvető probléma az emberi látás összetett mivolta, az a képességünk, hogy különböző megvilágítások mellett is képesek vagyunk a színeket helyesen érzékelni. De mégis milyen? Na jó..., „tipikus” körülmények között kicsit vöröses, talán bézs, de olyan is van, aki kozmikus cappucci-nónak szereti. A számítógépek nyelvén pedig egyszerűen #FFF8E7, ami a (255, 248, 231) RGB színt jelenti.

Jogosan kérdezheti most a figyelmes olvasó, hogy ugyan mi köze ennek az ultraibolya-megfigyelésekhez, hiszen mi nem látjuk azt a tarto-

mányt, és nyilvánvalóan a fenti színben sem játszik szerepet a spektrum UV vége. Ez valóban így van. Ne feledkezzünk el azonban az Univerzum tágulásáról. A távoli galaxisok UV-fényét a megfigyelő már az optikai tartományban érzékelheti. Az összehasonlítás csak úgy helyes, ha a távoli színeket az ultraibolya mérésekhez viszonyítjuk, és ezen keresztül a csillagkeletkezés történetét tudjuk vizsgálni. A GALEX adathalmaz számos nagy vöröseltolódású analízishez szolgál referenciaként, és lesz még várhatóan sokáig forrása új kutatásoknak.

## A csillagászat aranykora

Az igazság az, hogy a csillagászatban az elektromágneses spektrum minden tartománya egyaránt fontos a kép teljes megértéséhez. Tapasztalatból tudjuk, hogy valahányszor új ablakot nyitunk az Univerzumra, és más hullámhosszon nyerünk betekintést, mindig ér minket meglepetés. Így mindig vannak aktuálisan érdekesebb észlelések. A közelmúltban ezek közül is talán a GALEX űrszonda felvételei voltak a legnevezetesebbek, ezért e fenti elfoglult iromány.

Hanem a jelenkor a csillagászatban általában véve is egészen kiemelkedő időszak, talán egy fordulópont. Hagyományosan a csillagászok magukat különböző kategóriákba sorolták. A klasszikus optikai megfigyelések mellett voltak például a rádiócsillagászok, akik antennáikkal szinte egy egész más égboltot vizsgáltak. Az interferometriából kezdetben jó felbontású képalkotásról szó sem lehetett, de mára természetesnek vesszük, hogy egy rádiótávcső, ami valójában egy nagy kiterjedésű rácson szabályosan elrendezett antennák sokasága, a megfigyeléseinkhez jól illeszkedő képet szolgáltat. Hasonlóan változott a röntgencsillagászat is. A Chandra-űrtávcső képeinek és katalógusainak asztrometriai pontossága vetekszik némely optikai obszervatórium képességeivel. Ott van továbbá az infravörös tartomány, és persze az ultraibolya. Kimondhatjuk hát bátran, hogy most van a csillagászat aranykora, amikor végre a lényegre lehet fókuszálni, és nem kell minden kis megfigyelésért a hegyre szaladni. Az adatok mennyisége exponenciálisan nő, és bármire legyen is szükségünk egy új kutatási témához, nagy valószínűséggel a felvételek már feldolgozva várnak ránk.

De továbbmegyek. Manapság a megfigyeléseink túlnyomó része elérhető az Interneten nemcsak a szakemberek részére, de bárki számára. Hát ne várjon senki a cikk végére, inkább gyorsan kattintson az alábbi linkek valamelyikére, és indulhat a csillagászati kutatómunka akár fényes nappal is!

**Érdekes linkek**

1. <http://www.sdss.org>
2. <http://cas.sdss.org/dr7/hu>
3. <http://www.google.com/sky>
4. <http://www.worldwidetelescope.org>
5. <http://www.galaxyzoo.org>
6. <http://www.zooniverse.org>
7. <http://www.ivoa.net>
8. <http://www.vo.elte.hu>
9. <http://www.galex.caltech.edu>
10. [http://en.wikipedia.org/wiki/CIE\\_1931\\_color\\_space](http://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space)



# BESZÁMOLÓK



## **MIZSER ATTILA**

# **A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2009-ben**

2009-ben volt A Csillagászat Nemzetközi Éve – jeles év nemcsak arra volt jó, hogy minden korábbinál kiterjedtebb ismeretterjesztő munkát végezzünk, hanem arra is, hogy jó néhány projektet éppen erre az évre időzítsünk. A legfontosabb feladatunk továbbra is a mozgalomépítés volt. Fontos a közös fellépés azonos időben (a csillagászat jeles napjain) a Múzeumok éjszakáján, a Kutatók éjszakáján és más kulturális rendezvényeken. Az egyesület építésében óriási segítséget jelent a naprakész tagnyilvántartó rendszer, melyre a Csillagváros közösségi portál is épül, és ahol bárki ellenőrizheti tagsága státusát, jelezheti címváltozását.

### **Fontosabb rendezvényeink**

Január 17.: Megnyitjuk a csillagászat évét. Az év párizsi megnyitójához kapcsolódóan műsor a Polarisból (Polaris TV), melyet április 4-én még egy ilyen követett, a 100 óra csillagászat eseményeihez kapcsolódóan. Január 31-én csillagászati standdal vettünk részt a BME-n, a Mérnökbálon. Január 30. és február 1. között téli észlelőhétvégét szerveztünk Ágasváron.

Februártól június közepéig minden kedden tartottunk előadást a Polaris Csillagvizsgálóban, a Kulín György Csillagászati Szabadegyetem keretében. Ugyancsak februárban indult Dávid Gyula népszerű előadás-sorozata Kozmofizika 2009 címmel. A május közepéig tartó sorozat iránti érdeklődésnek köszönhetően minden szerdán megtelt a hallgatósággal a Polaris előadóterme. Február 12-én nyitottuk meg az óbudai Platán Könyvtárban Csillag-Fotó című kiállításunkat, mely az MCSE Győri Csoportja tagjainak asztrofotóiból mutatott be válogatást.

Február 28-án csillagásztörténeti találkozóznak adott otthont a Polaris Csillagvizsgáló, a csillagaszattortenet.csillagaszat.hu portál szervezésében.

Március 21-én csillagászati találkozót szerveztünk a jászberényi Városi Könyvtárban, melynek csillagvizsgálóját 2008 novemberében avatták fel. Március 27–29. között rendezték Bátorligeten (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye) a II. Messier-maraton. Az észlelőhétvégét az MCSE is támogatta.

Április volt az egyik legzsúfoltabb hónap a Csillagászat Évében. A munka a 100 óra csillagászat elnevezésű nemzetközi eseménysorozattal kezdődött. Az április 2–5. között lebonyolított akció csúcspontja az április 4-én este meghirdetett globális csillagparti volt, melyet mi járdacsillagászat néven hirdettünk. Országszerte több mint 40 helyszínen tartottak aznap este távcsöves bemutatót. Április 9-én tartottuk meg a Jurij Éjszakáját a belvárosi Kuplung nevű szórakozóhelyen. Az elsősorban egyetemisták számára tartott eseményen szerepelt Magyarai Béla kiképzett űrhajós és a MASAT fejlesztő mérnökcsapata. Április 11-én tartottuk rendes közgyűlésünket a Klebelsberg Kultúrkúriában. A közgyűlés estéjén távcsöves bemutatót is tartottunk. Április 20-án az Óbudai Kulturális Központ meghívására (az Öko-hét keretében) tartottunk előadást és bemutatót. Április 22-én ellátogattunk a Farkasréti temetőbe, Kulin György sírházhoz, alapítónk 20 évvel ezelőtti halálára emlékezve. A Csillagászat Nemzetközi Éve tiszteletére szervezett Galilei Csillagászati Vetélkedő döntője április 24–25-én volt Kecskeméten. A döntőt és a csapatok díjazását az MCSE is támogatta. Április 25-én részt vettünk a nagyszalontai Kulin-megemlékezésen (Kulin György húsz évvel korábbi halálához kapcsolódóan), melynek a Magyarok Háza adott otthont.

Május 1-jén a szentendrei Skanzen Alkotónapján tartottunk távcsöves bemutatót. Május folyamán a Magyar Madártani Egyesület felkérésére közreműködtünk a Fülemlék Éjszakája elnevezésű országos akcióban. A madárfigyeléshez távcsöves bemutatókkal kapcsolódtunk.

Május 9-én volt a Kepler Csillagászati Vetélkedő döntője a tatai városházán. A vetélkedő díjazásához egyesületünk is hozzájárult. Május 22–24. között tavaszi észlelőhétvégét szerveztünk Ágasváron. Célpontjaink a Szaturnusz, a Jupiter, a Kopff-üstökös és a tavaszi-nyári égbolt mélyégobjektumai voltak.

Június 20. A Múzeumok Éjszakája 2009. évi eseményeihez ismét az ország számos pontján csatlakoztunk, azonban a rossz időjárás megakadályozta a sokak által várt távcsöves bemutatókat. Június 25. Megnyílt az Úrlenyomat című asztrofotós kiállítás a Magyar Fotográfusok Házában. A tárlat tucatnyi magyar asztrofotós munkáiból nyújtott válogatást, emellett egy külön teremben Gothard Jenő munkásságával is megismerkedhettek az érdeklődők (Gothard 100 évvel ezelőtti halálának évfordulójához kapcsolódva). A kiállítást az MCSE tagja, Sztevanovity Zorán nyitotta meg.

A nyár ismét a táboroké volt. Július 16–23. között tartottuk Ágasváron ifjúsági táborunkat (sorrendben a tizenkilencediket). Augusztus 10–14. között részt vettünk a Vlegyászán (Erdélyi-szigethegység) szervezett nemzetközi táborban. Az észlelőtábor a nagyvárad Meridian Zero egyesület szervezte. Augusztus 19–23. között ismét Tarjánban találkoztak a magyar amatőrök, a Meteor '09 Távcsoves Találkozón közel 400-an vettek részt.

Szeptember 12-én az Űrlenymat című kiállításhoz kapcsolódva Asztrofotós konferenciát és zenés irodalmi estet szerveztünk a Magyar Fotográfusok Házával együttműködve. Szeptember 19-én az MCSE Napóra Szakcsoport tagjai találkoztak a Kecskeméti Planetáriumban, szeptember 25-én pedig csatlakoztunk a Millenárison megtartott Kutatók Éjszakájához.

Októberben indult 11 részből álló előadás-sorozatunk, 30 éves a Polaris Csillagvizsgáló címmel. Október 16-án az év egyik legjelentősebb asztrofotós kiállítását nyithattuk meg a Magyar Nemzeti Múzeumban. A világ éjszakai arca című kiállítás, mely a világ asztrofotósainak felvételeiből mutat be válogatást, A Csillagászat Nemzetközi Éve egyik kiemelt programja volt. Október 16–18. között őszi észlelőhétvégét szerveztünk Ágasvárra, ezzel párhuzamosan pedig Bátorligeten gyűlhetek össze az észlelők MCSE-támogatással. Október 22–24. között bekapcsolódtunk a Csillagászat Nemzetközi Éve második globális csillagpartijába, a Galilei Éjszakákba.

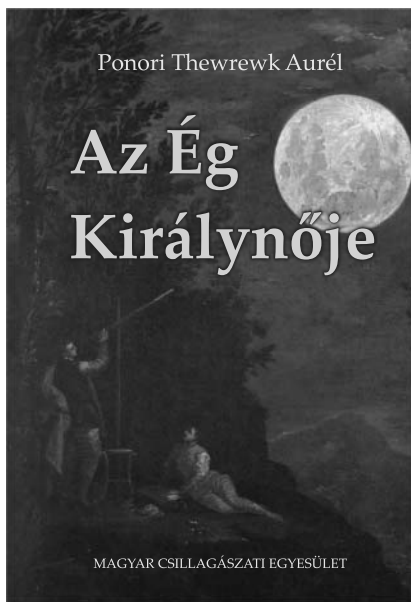
November 6-án soproni csoportunk nyitotta meg asztrofotós kiállítását a helyi TIT-székházban, november 7-én pedig szegedi csoportunk tartotta hagyományos éves találkozóját a Szegedi Observatóriumban. November 9-én Fényszennyezés, csillagászat és élővilág címmel szerveztek konferenciát az MTA székházában, MCSE-részvétellel. November 16. jeles nap a fényszennyezés elleni küzdelemben, mivel „Nemzetközi csillagoségbolt-park” minősítést kapott a Zselici Csillagoségbolt-park az International Dark-Sky Association írországi konferenciáján.

December 7-én Kozmikus csodák címmel nyílt asztrofotós kiállítás szegedi csoportunk szervezésében a szegedi Megyeházán. A Földtől az Univerzumig címmel az év végére készült el egy csillagászati vándorkiállítás anyaga, melyet két példányban készítettünk, hogy minél több helyszínen lehessen bemutatni.

## Kiadványok

2009 elejére elkészült A Csillagászat Nemzetközi Éve hivatalos DVD-jének magyar feliratozása (Szalai Tamás, Hegedűs Tibor, Csák Balázs és Molnár Péter munkája). A DVD-ből 3000 db-ot rendeltünk, egy részüket a Meteor

2009/7–8. számával postáztuk tagjainknak, a további példányokat rendezvényeken, vetélkedőkön osztottuk szét. Egyesületi lapunk, a Meteor minden idők legterjedelmesebb évfolyamát produkálta, ugyanis szeptemberi számunk dupla terjedelemben jelent meg, egy sikeres pályázatnak köszönhetően anaglif szemüveget is melléeltünk hozzá, ugyanis 3D-s képeket is közöltünk a címlapon és a képmellékletben. Az Ég Királynője címmel jelent meg Ponori Thewrewk Aurél újabb csillagásztörténeti kötete, melyben a Holddal kapcsolatos mítoszokat dolgozza fel. Kiadtuk a Szentmártoni Béla emlékére készült kötetet Sragner Márta szerkesztésében. A Mélyég csodák magyar szemmel című kötet a XX. század egyik legjelentősebb magyar amatőrcsillagászáának állít emléket. Utánnyomtuk az Amatőrcsillagászok kézikönyve című kötetet, mely 1999-es első megjelenése óta eddig három kiadást élt meg. Utánnyomtuk a Pleione Csillagatlaszt, mely mind a kezdő, mind a haladó amatőrök számára hasznos segédeszköz a távcső melletti munkában. Szintén utánnyomtuk a Messier-keresőtérképek című térképfüzetet, melyet már régóta hiányoltak az amatőrök, mint a legnépszerűbb észlelési téma alapszintű térképgyűjteményét. A Csillagászat Nemzetközi Éve színes szóróanyagát 12 ezer, a zselici Csillagoségbolt-park szóróanyagát 20 ezer példányban jelentettük meg. November közepén jelent meg a Meteor csillagászati évkönyv 2010. évi kötete. Több mint 2200 nyomtatott oldalon jelentek meg kiadványaink 2009-ben.



## Internet

Az év elejére készült el egyesületünk csillagászatéve-honlapja ([www.csillagaszat2009.hu](http://www.csillagaszat2009.hu)), melyen az évvel kapcsolatos információkat, programokat, felhívásokat tettük közé. Áprilisban adtuk át oktatási portálunkat ([oktatas.csillagaszat.hu](http://oktatas.csillagaszat.hu)), mely az MCSE csillagászati tudásbázisa. A honlap



célja az általános csillagászati ismeretek bemutatása. Oktatási portálunk Kereszturi Ákos kezdeményezésére jött létre. Szeptemberben adtuk át az érdeklődőknek közösségi portálunkat ([www.csillagvaros.hu](http://www.csillagvaros.hu)), melynek beindulása óta rendkívül jó fogadtatása van. Mindezen fejlesztések nem jöhettek volna létre internetes szakcsoportunk vezetője, Balaton László folyamatos szervező és fejlesztőmunkája nélkül.

## Polaris Csillagvizsgáló

Az év folyamán két szakkört működtettünk. A kisiskolás szakkört Sárneczky Krisztián, a középiskolás szakkört Horvai Ferenc vezette. Szakköröseink szép sikereket értek el, második helyezést értek el az országos Galilei Vetélkedőn (Rieth Anna, Huszár Zoltán, Keszthelyi Zsolt), míg Rieth Anna és családja első lett a Delta című televíziós műsor családi vetélkedőjén.

Több mint 200 éjszakán voltunk nyitva, előadás-sorozatok, találkozók, szakkörök fémjelezték ezt az évet is. Itt van az egyesület központja, adminisztrációja, a szerkesztőségi munka mellett a mozgámszervezés helyszíne is. Már csak ezért sem csak a budapestieké a Polaris, hanem mindenkié. A sok program megvalósítása néhány ember vállán nyugszik, a rendszeres távcsöves bemutatók zömét három ember végzi, ami hosszú távon igen megterhelő feladat. Szükség lenne a jelenleginél több budapesti tag aktívabb bekapcsolódására. A Polaris szűkebb környezetében több partnerszervezettel is együttműködtünk (Platán Könyv-



Rudolf Teréz színművésznő csillagvizsgálónk kupolájában mondott csillagászati verseket a Polaris TV magazinműsora számára.

tár, Óbudai Művelődési Központ, Aquincumi Múzeum). Csillagászati előadásokkal vettünk részt az Óbudai Advent rendezvényén, továbbá december 2-án részt vettünk a III. kerületi kulturális intézmények együttműködését célzó megbeszélésen.

## **Helyi csoportok**

Az elmúlt évben tovább gyarapodott helyi csoportjaink száma, összesen 19 településen működnek helyi képviselőink. A csoportok többsége bekapcsolódott A Csillagászat Nemzetközi Éve lebonyolításába, részt vettek a távcsöves bemutatókban, több helyen vállaltak előadásokat, rendeztek kiállításokat.

## **Az egyesületi vagyon felhasználása**

2009-ben bevételeink kismértékben csökkentek (–171 E Ft), kiadásaink azonban jelentős mértékben növekedtek (7 226 E Ft), ami részben A Csillagászat Nemzetközi Évével kapcsolatos többletkiadások számlájára írandó. A szabad pénzeszközöket az Egyesület banki folyószámláján részben lekötötte. A kiadványok költségének növekedése egyrészt a 2009-es csillagászat évéhez köthető, másrészt a 2010-es évkönyv költségeit is tartalmazza.



# **ÁBRAHÁM PÉTER**

## **Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2009-ben**

A beszámolási időszakban az intézet az alapító okiratban rögzített feladatainak megfelelően alapkutató munkát végzett, valamint több egyetemen részt vett a felsőfokú oktatással kapcsolatos feladatok ellátásában. A fentiekkel összhangban az intézet az alábbi témakörökben folytatott eredményes kutatómunkát.

### **Tudományos eredmények**

#### **A csillagok belső szerkezete és pulzációja**

Feltérképeztük a rövid periódusú, alapmódusú, galaktikus mezőbeli RR Lyrae csillagoknál a Blazskó-moduláció előfordulásának gyakoriságát. A tapasztalt 47%-os előfordulási arány magasabb minden korábbi becslésnél. Valószínűleg az általunk felfedezett kis amplitúdójú modulációk okozzák a gyakoriság növekedését. Néhány esetben instabil modulációt figyeltünk meg. Ellenőriztük a fémtartalom(periódus, fázis) összefüggés érvényességét Blazskó-csillagokra. Azt tapasztaltuk, hogy a formula pontos eredményt ad kis modulációs amplitúdójú csillagokra és abban az esetben is, ha a nagy amplitúdójú moduláció minden fázisát lefedik a megfigyelések.

Az MW Lyr-ről gyűjtött többszín-fotometriai méréseink feldolgozása során először sikerült kimutatni, hogy hogyan változnak egy csillag átlagos fizikai paraméterei a Blazskó-moduláció során. 1–2%-os sugár-, hőmérséklet- és luminozitásváltozást tapasztaltunk. Ezek mértéke jó egyezésben van a modellszámítások eredményével. A megfigyelt fázismodulációt a pulzáció periódusváltozásának véve szintén jó egyezést kaptunk a megfigyelt sugárváltozás alapján várható periódusváltozás értékével. Eredményeink arra mutatnak, hogy a moduláció során a csillag végig radiális pulzációt végez, az erős amplitúdó- és fázisingadozást valószínűleg a luminozitás modulációs ciklus szerinti ingadozása okozza (Jurcsik, Sódor, Szeidl).

Gömbszimmetrikusan pulzáló csillag légkörére felírva a hidrodinamika alapegyenleteit, továbbá a Kurucz-féle csillaglégkörmodellek fotometriai kalibrációját használva új módszert alkottunk RR Lyrae csillagok fundamentális paramétereinek meghatározására. A meghatározható paraméterek: a légköri fémtartalom, az intersztelláris vörösödés a csillag irányában, a csillag tömege, távolsága, pozíciója az elméleti Hertzsprung–Russell-diagramon. Feltételeket adtunk arra, hogy mely pulzációs fázisokban írják le jól a Kurucz-féle sztatikus légkörmodellek a dinamikusán változó csillaglégkört. A módszer spektroszkópiai észlelések nélkül, pusztán fotometriából adja a fundamentális paramétereket (Barcza).

A CoRoT-űrtávcső az LRC01 területén mérte a V1127 Aql jelű RR Lyrae változócsillagot. A csillag jelentős Blazskó-effektust mutat. A fénygörbe Fourier-spektrumában megtalálható a Blazskó-moduláció frekvenciája és annak két felharmonikusa is. Ez azt mutatja, hogy a moduláció nemlineáris. Sőt, azt is sikerült kimutatni, hogy a fázismoduláció erősebben nemlineáris, mint az amplitúdómoduláció. Az ilyen modulált csillagok spektrumában szokásos frekvenciatriplettek mellett a kutatók magasabb rendű multipletteket (egészen a 8. rendig) is találtak. Azonosítottak továbbá olyan frekvenciákat, amelyek nem illeszkednek a harmonikusok és multiplettek rendszerébe. Ezek a frekvenciák valószínűleg nemradiális módusokat jelentenek (Paparó, Benkő, Szabó).

A Blazskó-effektusra egy szokásostól eltérő matematikai leírást fejlesztettünk ki. A leírás természetes magyarázatot ad a Blazskó-effektus egy sor megfigyelt tulajdonságára: például az átlagfényesség változására, a fénygörbe burkolóinak nemlineáris voltára, a szinuszosztól eltérő frekvenciaváltozásra. A Fourier-spektrum tartalmazhatja a triplettek mellett a magasabb rendű multipletteket is, sőt ezek amplitúdója nagyobb is lehet, mint az alacsonyabb rendűeké. Az egyes harmonikusokhoz tartozó mellékcsúcsok amplitúdója a paraméterektől függően lehet szimmetrikus és aszimmetrikus is. Mindezen előnyök mellett a leíráshoz szükséges paraméterek száma körülbelül egytizede a szokásosénak (Benkő).

Két fontos korai eredményt kell említeni a Kepler-misszió során észlelt RR Lyrae csillagok egy részének analizisével kapcsolatban. A mintánkban megfigyelt, legalább 40%-os Blazskó-modulációs arány megerősíti a Konkoly Blazhko Survey által kapott magas gyakoriságot. Ezenkívül néhány csillagnál a fő pulzációs periódus és annak modulációs komponensein kívüli extra frekvenciák is kimutathatók voltak. Az alapmódus fél-egész számú többszöröseinél észlelt frekvenciákat először sikerült megfigyelni RR Lyrae csillagoknál. A jelenség a II. populációs cefeidáknál előforduló perióduskettőződésre hasonlít (Szabó, Benkő).

Munkatársaink megvizsgáltak egy közelmúltban javasolt új magyarázatot az RR Lyrae csillagokban megfigyelt Blazskó-effektusra. A Stothers-modell a konvektív réteg, illetve a csillag mágneses tere közti periodikus kölcsönhatással magyarázza a megfigyelt modulációt. Az amplitúdó-egyenletek részletes vizsgálatával kimutattuk, hogy a Stothers által javasolt mechanizmus a nagy amplitúdójú változásokat csak nagyon hosszú időskálán hozhatná létre. A modell a tipikus Blazskó-periódusidők esetén nem képes a kellő változást létrehozni (Kolláth, Molnár).

A mátrai Schmidt-távcsővel észleltük az M53 gömbhalmazt. A kapott fénygörbéken a TFA trendszűrési módszert alkalmaztuk felfedezve 12 új változót. Először mutattuk meg empirikus adatok alapján, hogy az RRc csillagok, megfelelő perióduseltolás után ugyanazt a periódus-fényesség-szín relációt követik, mint az RRab csillagok. Kimutattuk, hogy a halmaz óriásainak fémessége szisztematikusan alacsonyabb (körülbelül 0,5 dex-szel), mint az RRab csillagoké, amelyet a V fénygörbe Fourier-felbontásán alapuló formulából vezettek le. Az eltérés valószínű oka a kalibrációs mintában szereplő alacsony fémességű csillagok kis száma (Kovács, Dékány).

Megállapítottuk a galaktikus klasszikus cefeidák fotometriai és a radiális sebesség-amplitúdójának a csillaglégkör nehézelem-gyakoriságától való függését. Az s-cefidák fotoelektromos fénygörbéjének szórásából enyhén gerjesztett nemradiális módus jelenlétére következtettünk. A cefeidák periódusváltozásainak pontos nyomon követése érdekében meghatároztuk a fényességmaximum fáziskésésének hullámhosszfüggését (Szabados, Klagyivik, Kiss Z.).

A HD 50844  $\delta$  Scuti csillagra a CoRoT-űrtávcső mérései és a földi bázisú előkészítő mérések alapján a következők adódtak: a CoRoT-idősor analíziséből több száz frekvencia a 0–30 ciklus/nap tartományban, a spektroszkópiai módusazonosításból pedig magas rendű módusok egészen  $l = 14$ -ig. Bebizonyosodott, hogy a kioltási effektus nem elegendő ahhoz, hogy a módusok által létrehozott fluxusváltozásokat törölje (Paparó).

Először mutattunk ki egyértelmű Nap típusú oszcillációt az NGC 6819 nyílthalmaz vörös óriáscsillagaiban, ami egyike a Kepler-látómezőben található négy nyílthalmaznak. Azt találtuk, hogy az asztroszeizmológiai paraméterek lehetővé teszik a luminozitás meghatározását, és ezzel a halmaztagság eldöntését. Sikertült négy csillagot azonosítanunk, melyek valószínűleg nem halmaztagok, annak ellenére, hogy radiális sebességadataik alapján korábban halmaztagoknak gondolták őket. A luminozitásban két nagyságrendet lefedő csillagok oszcillációs amplitúdóit meghatározva jó egyezést találtunk azokkal az elméleti jóslatokkal, melyek szerint az amplitúdó a luminozitás 0,7-es hatványa szerint nő.

A  $\gamma$  Dor csillagok 1 nap körüli periódusú, magas rendű g-módusokban pulzálnak. A  $\delta$  Sct csillagokban néhány órás periódusú, alacsony rendű g- és p-módusok gerjesztettek. A kétfajta móduscsoport tulajdonságait a csillagbelső eltérő részei határozzák meg, s ezért egymást kiegészítő feltételeket szabnak a modelleknek. A  $\gamma$  Doradus és  $\delta$  Scuti csillagok között eddig 4 ismert hibrid volt. A Kepler-űrtávcső első 43 napjának mérései alapján, több száz csillagon végzett vizsgálat azt mutatta, hogy az ilyen csillagok frekvenciaspektruma annyira gazdag, hogy lényegében minden csillag rezgései között találhatóak mind a  $\delta$  Sct, mind a  $\gamma$  Dor tartományba tartozó módusok (Szabó).

### Aktív jelenségek csillagokon

Kutatóink az EY Dra-ról több mint 1000 napra kiterjedő BV(RI)<sub>C</sub> fotometriát végeztünk. A fénygörbe változásait a csillag felszínén levő foltok okozzák a rotáció miatt. A foltos felszín modellezése azt mutatja, hogy két nagy aktív terület található a csillagon, egy-egy a két féltekén. A felszíni alakzatok változása flip-flop jelenségre utal. Meghatároztuk a csillag rotációs periódusát és egy, a Napéhoz hasonló aktivitási ciklust, mely 350 nap hosszú. Ez az egy év körüli hosszúságú ciklus a legrövidebb, amit valaha találtak aktív csillagon.

A V405 And gyorsan forgó, aktív fedési változót tanulmányoztuk fotometriai és optikai spektroszkópiai adatok felhasználásával. A mért fényességváltozást a foltosság és a kettősség kombinációja okozza. A megfigyelések alatt három fler történt, valamint egy érdekes eruptív jelenség is bekövetkezett, amely legalább három rotáción (= keringésen) át tartó kitörések sorozatával magyarázható. Ezeket a csillag egyenlítőjén átívelő mágneses fluxuscsövek válthatják ki, melyek a két féltekén levő aktív területeket kötik össze. A V405 And két komponense közül az egyik tömege lényegesen fölötte, míg a másiké alatta van a teljes konvekció elméleti határának. Ez a ritka tulajdonság a V405 Andromedae-t a csillagdinamók észlelésének és modellezésének ideális célpontjává teszi.

A  $\varsigma$  Andromedae RS CVn típusú kettős óriás komponenséről nagy felbontású VLT (ESO) spektrumokat gyűjtöttünk, egyben optikai interferometriai és fotometriai méréseket is végezve. Az újabb Doppler-képek sok hasonlóságot mutattak a tíz évvel korábbi képekkel. A spektrumok H $\alpha$  vonalai alapján a kromoszférában protuberanciák és hideg anyagfelhők jelenléte mutatható ki. A 12 évet lefedő fotometriai adatok alapján foltciklusra lehet következtetni, amit a Doppler-képek is megerősítenek (Oláh, Kővári, Vida, Bartus).

## Napaktivitás

2,5-D MHD szimuláció segítségével kimutattuk, hogy a mágneses átkötődés a fotoszférán áttörő, felemelkedő mágneses fluxus és a környező „nyitott” (koronalyuk-szerű) mágneses terei között egy idő után irányt vált, és oszcillációs jellegzetességet mutat. Ez a szimuláció magyarázatot szolgáltat számos korábban megfigyelt oszcillációs jelenségre a flerekben mind a Napon, mind más csillagokon.

A Hinode EIS és XRT megfigyelései és mágneses extrapolációk felhasználásával kimutattuk, hogy az AR10942 aktív vidékben a plazmaáramlások a mágneses szerkezet speciális helyeiről indultak ki, ahol a mágneses kapcsolódás drasztikus változáson megy át. Ezeket a helyeket kvázi-szeperatrix rétegnek (QSL-nek) nevezik. A leggyorsabb plazmakiáramlásokat a legerősebb mágneses terű QSL-ekből figyelték meg. A QSL-ek mentén folytonosan végbemenő mágneses átkötődések szolgáltathatnak magyarázatot a plazmakiáramlások eredetére, amelyek a lassú napszél lehetséges forrásai (van Driel-Gesztelyi).

Vizsgáltuk a Nap aktív hosszúságait a 22. és 23. ciklusban a debreceni napfoltkatalógus (DPD) alapján. Az eddigi eredmények szerint a 22. ciklusban az északi félgömbön egy jól azonosítható hosszúsági tartomány kiemelkedik, de a délin és a 23. ciklusban ez eddig nem azonosítható. A jelenlegi elhúzódo tévékenységi minimum után elkezdődni látszik a 24. napciklus, de a jelek szerint minden eddiginél alacsonyabb heliografikus szélességről indul. Ez a napfoltokra és a torziós hullámra egyaránt igaz. Úgy tűnik, hogy minden eddiginél gyengébb ciklus várható (Ludmány, Muraközy).

## Csillagkeletkezés és az intersztelláris anyag fizikája

Befejeződött a Cepheus flare területén a fősorozat előtti csillagok fotometriai és spektroszkópiai vizsgálata. A 77 vizsgált csillagból 64 újonnan azonosított, fősorozat előtti csillag. Az 1 m-es RCC távcsővel készült képeken 15 vizuális kettőst találtunk, köztük 5 új kettős T Tauri csillag is van. Az IRAS, 2MASS és Spitzer adatbázisok felhasználásával meghatároztuk a csillagok spektrális energiaeloszlását. Az eredmények megerősítik, hogy a Cepheus flare területén különféle távolságú és fejlődéstörténetű felhők találhatók (Kun).

78 F színképtípusú csillagot tanulmányoztunk a Spitzer infravörös-űrtávcsővel, és eközben négy eddig ismeretlen meleg törmelékkorongot találtunk. A két legfiatalabb korong esetén, amelyek nagyjából 30 millió évesek, a megfigyelhető porgyűrűk valószínűleg a nemrégén kialakult planetezimálok közötti ütközésekre vezethetők vissza. A HD 169666-nál,

amely a legidősebb (2,1 milliárd éves) forrás, a törmelékkorong túl sok port tartalmaz, hogy egyensúlyi állapotban lehessen. Valószínű, hogy ebben az esetben egy olyan esemény hatását figyeltük meg, amely nagy mennyiségű por keletkezésével járt. Az ilyen kis méretű szemcsék a csillag sugárnyomása miatt igen gyorsan távoznak a rendszerből. Az a tény, hogy az alakzatok változatlan erősséggel látszottak a három év különbséggel felvett két spektrumban, arra utal, hogy a kisebb porszemcsék „termelése” legalábbis ezen az időskálán folyamatos.

A Spitzer-űrtávcső képeit felhasználva összehasonlítottuk a törmelékkorongok megjelenési arányát bolygóval rendelkező és bolygó nélküli csillagoknál. Az összes kiválasztott objektum szerepelt bolygókeresési programokban. 150 objektumnál találtunk nagybolygókat a csillag közelében, 118 esetben azonban nem. Eredményeink szerint a törmelékkorongok megjelenési aránya csak marginálisan volt magasabb a bolygós csillagoknál, mint a bolygó nélkülieknél (Ábrahám, Moór).

Az EX Lupi az EXor-ok prototípusa. Nyugalomban optikai és infravörös tulajdonságai alapján nehezen különíthető el a többi normális T Tauri csillagtól. Összeállítottuk a forrás optikai-infravörös spektrális energiaeloszlását (SED), majd összehasonlítottuk más fiatal csillagok SED-jével, és az adatokat egy radiatív transzfer kód segítségével modelleztük. A SED-et egy enyhén flerező koronggal sikerült illeszteni. A modell alapján a korong belső sugara 0,2 CSE-nél található, amely jóval nagyobb a szublimációs határ által indokoltnál. Ez a belső lyuk a csillag körül az, ami megkülönbözteti az EX Lupit a többi fiatal csillagtól (Ábrahám, Sipőcz).

Befejeződött a V1647 Ori jelű fiatal eruptív csillag körüli anyag radiatív transzferjének modellezése. A fő eredmények: a csillag körüli por (korong és burok) szerkezete hasonló más beágyazott fiatal csillagok körül található por szerkezetéhez; a csillagra hulló anyag akkréciós rátája jelentősen változott (megnőtt) a kitörés során; habár a korong szerkezete alapvetően nem változott a kitörés alatt, a burok belső sugara jelentősen megnőtt a kitörés kései időszakában. Az első eredmény alátámasztja azt a feltételezést, miszerint az eruptív fiatal csillagok nem különleges források, hanem a Naphoz hasonló minden kis tömegű, fiatal csillag élete során átél hasonló eseményeket (Mosoni).

### **Exobolygórendszerek**

Intézetünk kutatói felfedeztek 6 újabb fedési exobolygót, melyek közül itt csak két érdekesebbet említünk.

A HAT-P-11b az ötödik legkisebb tömegű fedési exobolygó. Alacsony tömege miatt a szuper-Neptunuszok családjába tartozik. Egy másik érde-

kes tulajdonsága a rendszernek, hogy a bolygó nagy valószínűséggel a csillag forgási irányával ellenkező irányban kering. Bár a csillag K törpe, a bolygó kis sugara miatt a fedéskor tapasztalható fénycsökkenés mindössze 0,4%. A kis bolygótömeg miatt a csillag imbolygása csupán 11 m/s-os sebességingadozáshoz vezet, amelynek kimutatása még a Keck-távcsővel is több mint 50 nagy pontosságú radiálissebesség-mérést tett szükségessé. A pálya, amelyen 4,9 naponként halad végig a bolygó, elég nagy ( $e = 0,2$ ) excentricitású. Ennek egyik lehetséges magyarázata, hogy a rendszer tartalmaz egy másik bolygót is.

A HAT-P-13 az első olyan exobolygórendszer, amelyben az egyik komponens fedéseket mutat. A HAT-P-13 csillagkomponense egy G4 törpe, elég magas becsült fémtartalommal. A bolygó tömege a Jupiterének 85%-a. A külső bolygó periódusa sokkal hosszabb, mint a belső bolygóé (429 nap, szemben a 2,9 nappal). A radiális sebességek analiziséből a tömeg alsó határára 15 Jupiter-tömeg adódott. Érdekes, hogy mindkét bolygó pályája excentrikus és hogy a nagytengelyek jó közelítéssel egybeesnek. Ez az árapályerők által kialakított egyensúlyi állapotra utal (Kovács).

### A Naprendszer égitestjei

Az ekliptikai üstökösök és primitív égitestek színindexeit hasonlítottuk össze statisztikai tesztek segítségével keresve az ekliptikai üstökösök lehetséges őseit. Az eredmények szerint az ekliptikai üstökösök magjának színe széles tartományban oszlik el a kék és nagyon vörös színek között. A színindexek és dinamikai szimulációs vizsgálatok szerint az ekliptikai üstökösök legvalószínűbb ősei a kentaurok (szórt korong objektum – kentaúr átmenet alapján), a plutínók és bizonyos típusú klasszikus Kuiper-övi objektumok lehetnek.

Elemeztük a Spitzer-űrtávcsőnek a 8P/Tuttle (Halley típusú) üstökös magjáról és kómájáról készült megfigyeléseit. Ezek szerint az üstökös magjának legjobb modellje két egymással érintkező gömb („súlyzó” alak). Sikeredt a mag forgási pólusának térbeli irányát is megbecsülni. A megfigyeléskori 1,6 CSE naptávolságában a becsült vízkibocsátási ráta  $(1,2 \pm 0,3) \times 10^{28}$  molekula volt másodpercenként, ami azt jelenti, hogy a mag felszínének mintegy 10%-a aktív hasonlóan az ekliptikai üstökösök aktivitásához.

A Spitzer infravörös-űrteleszkóppal megfigyeltük a 107P/(4015) Wilson-Harrington földközeli kisbolygó-üstökös átmeneti objektumot, ami az ESA-JAXA közös, Marco Polo elnevezésű tervezett űrprogramjának valószínű célobjektuma. A Marco Polo program célja a helyszíni anyagmintavétel és a minta Földre való visszahozatala. A Spitzer-megfigyelé-

sekből az égitest alacsony albedójú, ami megfelel egy üstökösének vagy egy C-, P-, D-típusú aszteroidáénak, átmérője  $3,46 \pm 0,32$  km, és így a 107P az üstökösökhoz nagyon hasonló, sötét, kis égitest lehet.

Megvizsgáltuk a Naprendszer primitív kis égitestjeinek (üstökösök, kentaurok, transzneptun objektumok és főövbeli üstökösök) forgás miatti széteséssel szembeni stabilitását. Kiszámítottuk a testek belső húzófeszültségét a porszemcse aggregátumok új szerkezeti és rugalmas-mechanikai modelljei alapján és az ezeknek megfelelő stabil és szétesési zónákat elválasztó vonalak helyzetét. A megfigyelt üstökösök, kentaurok, TNO-k és MBC-k néhány kivételtől eltekintve stabilak (Tóth).

Korábban az intézet kutatói egy észak-dél aszimmetriát találtak a Föld felsőlégkörének sűrűségében, amely szerint az északi félgömb felett általában melegebb a légkör. Az okokat keresve megvizsgáltuk a jelenség szezonális függését. Azt találtuk, hogy az észak-déli aszimmetria minden szezonban fennáll, ami előnyben részesíti a két félgömb közötti különböző kontinens-óceán fedettségi magyarázatot mint az aszimmetria okát (Illés).

### **Egyéb témák, interdiszciplináris kutatások**

*Gammakitörések.* A Swift mesterséges hold méréseit felhasználva a gammakitörések gammatartományban mért spektrális keménysége és időtartama alapján is megmutattuk, hogy a rövid és hosszú időtartamú csoportok között valószínűleg létezik egy köztes, harmadik csoport is. A klasszifikált kitörések egy részére léteznek vöröseltolódási adatok is. Ennek alapján megállapítottuk, hogy a közepes csoport tagjai követik a hosszú kitörésekre felállított, a spektrális csúcsintenzitás és a kisugárzott ekvivalens izotrop energia közötti úgynevezett Amati-relációt a spektrálisan lágyabb és kisebb energiájú tartományban (Balázs).

*Csillagásztörténet.* Folytatva a folytonos spektrumokkal kapcsolatos korábbi munkát, tanulmányoztuk annak az elméletnek a részleteit, amellyel Kövesligethy Radó a vonalas színképek létrejöttét magyarázta. Az általa a vonalas színképek létrejöttére kidolgozott formalizmus speciális esetként a hidrogén Balmer-sorozatáról is számot ad (Balázs).

A változócsillagokra az első osztályozást Johann Christoph Sturm készítette a 18. század elején. Megvizsgáltuk milyen forrásokat használt fel (Kirch, Hevelius, Brahe), milyen elméleteket hasznosított (Bullialdus, Riccioli). Tanulmányoztuk a körülményeket, amelyek lehetővé tették az osztályozás megalkotását. Ezek a  $\chi$  Cygni fényváltozásának felfedezése (egy második periodikus csillag a Mira mellett), személyes hatások (Erhard Weigel) és az ortodox evangélikus teológia (a „folytonos teremtés” elmélete) voltak (Zsoldos).



## Hazai és nemzetközi kapcsolatok

### Hazai kapcsolatok

Együttműködtünk a soproni GGKI-vel (felsőlégköri kutatások, planetológia); a Budapesti Műszaki Főiskolával (a fényszennyezés műszaki vonatkozásai); a Zselici Tájvédelmi Körzettel (fényszennyezés vizsgálata, Nemzetközi Csillagoségbolt-park); valamint az MTA SZTAKI Analogikai és Neutrális számítások Laboratóriumával (új hullámfront-érzékelő fejlesztése).

A beszámolási időszakban is részt vettünk az egyetemi oktatásban előadások, gyakorlatok tartásával, valamint szakdolgozati és doktori témavezetéssel. Kutatóink az alábbi előadásokat, illetve gyakorlatokat tartották:

*ELTE-n előadás:* Asztrofizika, Csillagok világa, A csillagkeletkezés alapjai, Csillagászat a fizikatanár továbbképzőn, Csillagaktivitás – aktív csillagok I-II., Asztrofizikai megfigyelési módszerek, Asztrostatisztika I-II., Csillagrendszerek dinamikája I-II., Planetológia I-II., Mars-kutatás, A napfizika aktuális eredményei, Galaktikus csillagászat, Csillaglégkörök fizikája.

*Gyakorlat:* Mérési gyakorlat IV. éves fizikus hallgatók számára.

*DTE-n előadás:* Bevezetés a csillagászatba;

*SZTE-n előadás:* Űrcsillagászat, Galaktikus csillagászat;

*BME-n:* Mérnöktovábbképzés – fényszennyezéssel kapcsolatos egyedi előadások.

### Nemzetközi kapcsolatok

Együttműködés az International Astronomical Unionnal (IBVS szerkesztése, IAU Comm. 27, Comm. 42 és Div. V webszolgáltatások karbantartása). Részvétel nemzetközi szakbizottságokban (ASTRONET, SCOSTEP, SEAC). Együttműködés az amerikai Spitzer infravörös-űrtávcsőre és az európai VLT teleszkópra benyújtandó pályázatok közös kidolgozásában (MPIA Heidelberg, STScI Baltimore). Részvétel az ESA Herschel-űrtávcső operációs feladatainak ellátásában és a PACS fotométer és spektrométer kalibrálásában (a Max-Planck-Institut koordinációjában). Részvétel a CoRoT mesterséges hold munkálataiban és az Additional Programban (ESA/PECS által támogatott projekt). Tagság a GAIA asztrometriai űrmisszió változócsillag-munkacsoportjában; folyamatos részvétel a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia munkájában. Részvétel és két munkacsoport vezetése a Kepler-űrtávcső Astero seismic Science Consortiumában. Szoros együttműködés a Harvard Smithsonian Center for Astrophysics intézettel (HATNet adatanalízis). Közös projekt a Wise Observatoryval, Izrael (Wise Hungarian-made Automated Telescope).

A DPD katalógushoz nemzetközi együttműködések keretében kaptunk észleléseket a világ 12 napfizikai obszervatóriumából. Projektvezetés a „Production and cross-calibration of space-borne sunspot” ESA-PECS projektben (együttműködés a stanfordi SOHO/MDI kutatócsoporttal a közös katalógus készítése céljából). Munka kapcsolat az AIP Potsdammal. Francia-magyar együttműködés a Naprendszer kutatására az MTA-CNRS egyezmény keretében.

Japán-magyar együttműködés a csillagközi anyag kutatására (Nagoya Egyetem). Munkacsoport vezetése az EU FP7 SOTERIA (Solar Terrestrial Investigations and Archives), projektben. Együttműködés a Bolgár Akadémiával, a Virtual Observatory fejlesztésével kapcsolatban. A 24"-es távcsőhöz kiegészítő méréseket kaptunk (Michigan State University, Toronto University, Caltech, AAVSO, ESO). Munka kapcsolat a Penn State Universityvel gammakitörések vizsgálatára. Részvétel a Herschel ESA űrtávcső „TNOs are cool: A Survey of the Transneptunian Region” című Open Time Key Programja köré szerveződött konzorciumban. Rendszeres megfigyelések a Teide Obszervatóriumban az EU FP7 Opticon programja támogatásával. Részvétel a Csillagászat Éve 2009 magyarországi szervezőbizottságában (magyar koordinátor, sajtófelelős). Szoros együttműködés és megfigyelések a Whole Earth Telescope (WET) network számára, együttműködés a Delaware Asteroseismic Research Centerrel. Együttműködés a Saclay asztrofizikai intézettel EU FP7 pályázat kriogenikus elektronikai alkatrészek közös kifejlesztésére ESA mesterséges holdak számára. Együttműködés a Caltech-hel (közös NSF pályázat). Együttműködés a NASA UMD-vel kisbolygók és üstökösök asztrometriája és fotometriája területén.

## Fontosabb nemzetközi pályázatok

Az ESA-val történt szerződés alapján 2009-ban négy PECS pályázat futott az intézetben. Ezek közül három (CoRoT, Herschel, Gaia) űreszközök előkészítésében, illetve programjának a lebonyolításában teszi lehetővé részvételüket. A negyedik pályázat keretében ESA űradatok alapján napfoltadatok kinyerése történik. Valamennyi pályázat fontos kapcsolódást jelent élvonalbeli európai projektekhez.

Az EU FP7 keretében kezdődött 2008 végén a SOTERIA program, amelyben az egyik munkacsoportot a debreceni obszervatórium vezetője irányítja. A program a Nap-Föld kapcsolatok vizsgálatát tűzte ki. A SOTERIA-ban való részvétel komoly lehetőség arra, hogy a Napfizikai

Obszervatóriumban folyó munka az eddigieknél is jobban betagozódjon az európai napfizikai kutatásokba.

Az MTA Lendület programjának keretében Kiss László új kutatócsoport létrehozására kapott lehetőséget, amely az exobolygó-kutatást fogja erősíteni. A program része a piszkéstetői obszervatórium műszerparkjának jelentős korszerűsítése.

## **Műszaki, számítástechnikai fejlesztés**

Az intézetben a piszkéstetői 1 m-es RCC távcsőre kis felbontású spektrográfot építettünk. A 2009-ben beszerzett ANDOR iXON 888 EMCCD kamerához csillagászati észlelőszoftvert fejlesztettünk ki. Az észlelésekhez használt szűrőváltóhoz és a kamera temperálását végző egységhez vezérlőszoftvert terveztünk és fejlesztettünk ki. „Lucky imaging”-et valószínűsítettünk meg az intézet új EMCCD kamerájával, valamint új nagy sebességű hullámfrontszenzor architektúrát fejlesztettünk FPGA segítségével a jobb adaptív optikai korrekció érdekében.

2009 során sikerült beszereznünk egy üveglemezek digitalizálására is alkalmas Epson Perfection V750 PRO szkennert, egy kisméretű Coraid tárolóegységet és egy HP LJP 4014dn hálózati lézernyomtatót.

## **Személyi állomány**

A beszámolási időszakban intézetünk személyi állományában a következő változások történtek. Állományba került: Fenyvesi Dóra (Gyula), Imrek Ede, Nagy Norbert, Szabó-Pösztor Zoltán (Debrecen), Hurta Zsombor, Kiss Csaba, Kiss László, Kiss Zoltán, Klagyivik Péter, Pál András, Ribárik Orsolya, Simon Attila, Szabó Gyula, Vida Krisztián (Budapest). Intézetünkben távozott: Dékány István, Rostás Sándor, Sipos Nikoletta (Budapest).

# PETROVAY KRISTÓF

## Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2009-ben

### Személyi állomány

A beszámolási időszakban Érdi Bálint tanszékvezetői megbízatása lejárt, és a hatályos jogszabályok értelmében (életkorából adódóan) nem tölthetett volna ki újabb hároméves megbízást. 2009. augusztus 1-jétől – benyújtott pályázata alapján – Petrovay Kristóf kapott tanszékvezetői kinevezést.

A tanszék személyi állománya 2009 őszén a következő volt.

*ELTE-alkalmazottak:* Petrovay Kristóf tanszékvezető docens; Érdi Bálint egyetemi tanár; Balázs Béla emeritus professzor; Forgácsné Dajka Emese mb. adjunktus; Szécsényi-Nagy Gábor adjunktus; Tóth L. Viktor adjunktus; Süli Áron tud. munkatárs;<sup>1</sup> Tian Chunlin tud. munkatárs;<sup>2</sup> Hevele Ildikó adminisztrátor.

*Vendégkutatók:* Funk Barbara posztdoktori ösztöndíjas;<sup>3</sup> Richard Schwarz<sup>3</sup> posztdoktori ösztöndíjas.

*Vendégoktatók:* Hetesi Zsolt; Klagyivik Péter; Marschalkó Gábor; Nagy Imre; Pál András.

*Doktoranduszok:* Marton Gábor; Plachy Emese; Rajnai Renáta; Verebélyi Erika; Zsigmond Zsuzsa.

Munkatársaink közül Nagy Imre és Pál András 2009-ben megvédték PhD értekezésüket.

### Oktatás

A bolognai egyezménynek megfelelően 2009 őszén megkezdődött a csillagász mesterszakos hallgatók képzése. Ennek megfelelően már kialakítottuk a mesterszakos felvételi eljárárs rendjét, a felvételi vizsga tematikáját.

<sup>1</sup> OTKA posztdoktori ösztöndíjas

<sup>2</sup> EU 6. keretprogram Solaire projekt

<sup>3</sup> Schrödinger-ösztöndíj

Az idevágó információk megtalálhatók a tanszék honlapján. Az ötödévben még a régi, ötéves képzési rend szerint folyt a tanítás.

Mivel a csillagász mesterszakra – a szükséges szakirányú ismeretek elsajátítását tanúsító kreditek meglétének igazolásával – az ország bármely felsőoktatási intézményében megszerzett alapidplomával lehet jelentkezni, szükségessé vált olyan tanfolyam indítása, amely mintegy csillagászati felvételi előkészítőként szolgálhat a külső jelentkezőknek. Ezért a Magyar Csillagászati Alapítvány szervezésében, tanszékünk oktatóinak közreműködésével 2009 januárjától kezdődően két trimeszteres, 120 tanórás csillagászati alaptanfolyamot hirdettünk meg. A szombatonként tartott tanfolyam anyaga lényegében az alapszakos csillagászat szakirány törzsanyagával egyezik meg. A tanfolyamot végül több mint kéttucatnyi érdeklődő végezte el, akik közül néhányan utóbb valóban sikerrel felvételiztek a csillagász mesterszakra.

A Szombathelyen megrendezett XXIX. OTDK konferencia csillagászati szekciójában hallgatónk közül Szulágyi Judit dolgozata (tv.: Kovács Géza) I. díjat, Györffy Ákos dolgozata (tv.: Paparó Margit) II. díjat, Szalai Nikolett dolgozata (tv.: Tóth L. Viktor) pedig III. díjat kapott. A konferencián hallgatónk közül még Dénes Helga, Elek Elza, Gergely Bettina, Kuti Adrienn, Ládi Tímea, Verebélyi Erika és Zahorecz Sarolta is bemutatták diákköri dolgozataikat.

A 2009. decemberi kari diákköri konferencia csillagászati szekciójában Szécsi Dorottya dolgozata (tv. Horváth István) I. díjban, Koponyás Barbara dolgozata (tv. Érdi Bálint) II. díjban részesült.

A 2009/09-es tanévben Smitola Péter és Strifler Anita, a 2009/10-es tanévben pedig Bányai Evelin és Smitola Péter tevékenykedtek hallgatói obszervátorként a tanszéken.

2009-ben az alábbi hallgatók tették le a csillagász szakos államvizsgát: Barta Veronika, Cseh Dávid, Korsós Marianna, Kuti Adrienn, Nagy Zsófia, Pápics Péter István, Rajnai Renáta, Sárközi Dóra, Sipőcz Brigitta, Tóth Zsuzsanna, Varga József, Verebélyi Erika, Zubreczki Gábor, Zsigmond Zsuzsa.

## Kutatás

### Égi mechanika

Folytattuk az L4 Lagrange-pont körüli stabil tartomány méretének vizsgálatát a tömegparaméter és az excentricitás függvényében az elliptikus korlátozott háromtestprobléma síkbeli esetében. A stabil tartomány mérete minimális a librációs frekvenciák közti rezonanciáknál. Meghatároztuk a rezonáns frekvenciák mentén a stabil tartomány méretének vál-

tozását és a rezonanciák erősségét. Vizsgáltuk az L4 pontból való elszökés típusait, és meghatároztuk az egyes típusok gyakoriságát (Érdi B., Forgácsné Dajka E., Nagy I., Rajnai R.).

Vizsgáltuk Trójai exobolygók létezésének problémáját a háromtest-probléma különféle modelljeiben. Az ismert exobolygórendszerek közül megadtuk azokat, melyeknél a stabilitási viszonyok alapján nem zárható ki ilyen bolygók létezése (Süli Á., Funk B., Schwarz R.).

Vizsgáltuk a tranziens káosz jelenségét a Sitnikov-problémában. Numerikusan megkonstruáltuk a kaotikus nyereghalmazt, és megadtuk ennek fontosabb kvantitatív jellemzőit. Kapcsolatot találtunk a tóruszok „ragadósági effektusa” és a kaotikus szórás között (Kovács T., Érdi B.).

Részletes áttekintést adtunk a Pluto–Charon rendszer Nix és Hydra holdjai fázisterének dinamikai szerkezetéről. Megmutattuk, hogy a Nix 4:1-es rezonanciában lehet a Charonnal, ha pericentrumának argumentuma, vagy felszálló csomójának hossza bizonyos határok közé esik. Másfelől eredményeink arra utalnak, hogy a Hydra nincs 6:1-es rezonanciában, szemben a korábbi sejtésekkel (Süli Á., Zsigmond Zs.).

### **Szoláris és asztrofizikai magnetohidrodinamika**

Kifejlesztettünk egy numerikus kódot a csillagok belsejében zajló magnetohidrodinamikai konvekció háromdimenziós szimulációjára. A kód elméleti szempontból igen érdekes, mivel alapelve a hidrodinamikai egyenletek Boltzmann-rácsos megoldási technikáinak csoportjába tartozó BGK-módszer. Ugyanezt a módszert alkalmazó korábbi hidrodinamikai kódunkat bővítettük ki a mágneses tér figyelembevételével, és optimalizáltuk többprocesszoros számoláshoz (Tian C.-L.).

A Nap-dinamó lehetséges működési mechanizmusai közül az egyik legnépszerűbb az úgynevezett határfelületi dinamó, melyben a 22 éves periódussal oszcilláló mágneses tér a tachoklína és a konvektív zóna határán, felületi hullámként gerjesztődik. Ennek legegyszerűbb, s így a fontosabb effektusok kölcsönhatásába leginkább betekintést engedő leírása a Parker-féle analitikus határfelületi dinamómodell. Ennek további általánosításaként levezettük és grafikusán megoldottuk a felületi hullám viselkedését leíró diszperziós relációkat arra az esetre, ha a tachoklína véges vastagságú (szemben az eredeti modellel, ahol két félvégteles réteg szerepel). Azt találtuk, hogy a véges rétegmélység hatása igen összetett, és a véges mélységű vízrétegen terjedő felületi hullámok analógiája nem alkalmazható (Petrovay K., Kerekes A., Erdélyi R.).

A jelenlegi szokatlanul mély és hosszú naptevékenységi minimum felélénkítette az érdeklődést a napciklusok előrejelzésének lehetősége

íránt. Az utóbbi ciklusok adataival kiegészítve az idevágó régebbi munkákat ismét megvizsgáltuk a napfoltrelatívszámra vonatkozó adatok teljesítményspektrumát, megállapítandó, melyek az ebben mutatkozó valós fizikai periódusok, és azok elég stabilak-e ahhoz, hogy előrejelzésre legyenek használhatók. Azt találtuk, hogy a prekursor-módszerhez hasonlóan a harmonikus analízisen alapuló előjelzési technikák esetében is meghatározó a Waldmeier-effektus szerepe, mely szerint az erősebb ciklusok felszálló ága meredekebb. Eszerint, bár évszázados-évezredes időskálán létezhetnek statisztikailag előre jelezhető kváziperiodikus változások, a legnagyobb gyakorlati jelentőségű, ciklusról ciklusra történő naptevékenységi ingadozások előrejelzése elvi korlátokba ütközik (Petrovay K.).

### **Csillagközi anyag, csillagképződés**

Előkészítő méréseket végeztünk a Planck–Herschel űrtávcső „Galactic cold cores” kulcsprojektjéhez a gornegrati 3 m-es KOSMA és az effelsbergi 100 m-es rádióteleszkóppal. Ebből meghatároztuk a Planck-űrteleszkóp által felfedezett két csillagközi felhőmag méretét és hőmérsékletét. Az AKARI műhold teljes infravörös égfelmérésének pontforrás-katalógusait felhasználva fiatal csillagok körüli korongok tömegét pontosítottuk 21 forrásra a Taurus-területen. Összevetettük az általunk felfedett AKARI fiatalcsillag-jelöltek eloszlását a csillagközi anyaggal a külső Galaxisban, és jelentős egyenletlenségeket mutattunk ki. Megvizsgáltuk a hidrogén eloszlását az úgynevezett Lockmann-lyuk területen, és nem találtunk erős korrelációt a galaktikus hidrogén és az extragalaktikusnak vélt pontforrások eloszlása között (Tóth L. V., Marton G., Verebélyi E., Zahorecz S., Kiss Z. T., Nagy Zs.).

### **Változócsillagászat**

A csillagok fényességváltozásában kaotikus viselkedés kimutatására alkalmas globális áramlás-rekonstrukciós módszert teszteltük csatolt Rössler-oszcillátorok segítségével. A tesztek során az eredeti és rekonstruált idősorok közötti eltérésekre koncentráltunk, melyeket olyan kvantitatív mennyiségeken keresztül vizsgáltunk, mint a Ljapunov-dimenzió és a Fourier-spektrumban található domináns frekvenciák (Plachy E.).

## **Tudományos közélet**

A Csillagászati Tanszék a Magyar Csillagászati Alapítvánnyal közösen megrendezte a Fiatal Csillagász és Asztrofizikus Kutatók V. Találkozóját az NKTH és a Magyar UNESCO Bizottság támogatásával. A szerve-

zők: Forgácsné Dajka Emese (ELTE), Plachy Emese (ELTE), Molnár László (MTA CsKI). A háromnapos eseménynek az ELTE lágymányosi északi épülete és a Fizika Doktori Iskola adott helyet. A rendezvény nagy szakmai érdeklődést keltett, a 43 regisztrált és 10 meghívott előadó mellett számos érdeklődő is részt vett a konferencián, ahol az előadásokra hat szekció keretében (Nap és a Naprendszer fizikája; gravitáció és nagyenergiás fizika; Galaktikus és extragalaktikus csillagászat; égi mechanika és exobolygók; infravörös csillagászat és fiatal csillagok; változócsillagok) került sor. A találkozó programja és az előadások kivonatai megtekinthetők annak honlapján.<sup>1</sup> Az előadásokhoz kapcsolódó cikkek a Journal of Physics: Conference Series 218. kötetében jelentek meg.

<sup>1</sup> <http://astro.elte.hu/~fikut2009>



# HEGEDÜS TIBOR

## A Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Csillagvizsgáló Intézete 2008–2010

Beszámolónk 2008 és 2010 közepe közötti történésekről emlékezik meg. Ez az időszak a világszerte kiteljesedő pénzügyi és hitelválság időszakával esik egybe, amely egyúttal hazánk gazdasági mélyrepülését is hozta. Az önkormányzatok számtalan bevételi forrását is elvonta a kormányzat, így azok újabb lépéssel kerültek közelebb a már amúgy is fenyegető csődhelyzet felé. Így, tizenöt év után ismét válsághelyzetbe kerültünk, és új finanszírozó partnert kellett bevonnunk a csillagvizsgáló fenntartásába: a helyi Eötvös József Főiskola sietett segítségünkre, valamint korlátozott lehetőségei keretein belül az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézete is segítő kezet nyújtott.

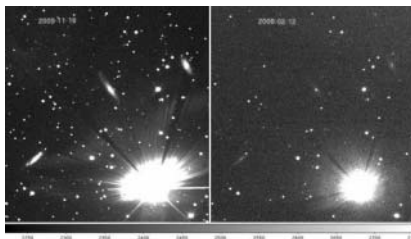
### Munkafeltételek

Intézetünk költségvetését 2009-ben 15%, majd 2010-re újabb 20% feletti csökkentés sújtotta, így a 2006-os szintnek csaknem a felére csökkent a központi támogatásunk. Ezt ugyan 2009-ben még takarékosági intézkedésekkel és kétségbeesett bevételnöveléssel (pályázatok, más kutatóintézetek, illetve támogató cégek bevonása) megpróbáltuk kompenzálni, de 2010-re legnagyobb külső támogatónk csőd közeli helyzete miatt beszüntetette támogatásunkat, amit már semmilyen módon nem tudtuk kigazdálkodni, így döntő lépésre szántuk el magunkat. Miután sem az MTA, sem a környező nagy egyetemek nem tudtak segítő kezet nyújtani, az egyedüli mentő ajánlatot kellett elfogadnunk. A beszámoló megírásakor még csak az elvi megegyezés született meg, és nem tudni, hogyan fog működni az új rendszer – de az biztos, hogy három, doktori fokozattal rendelkező kutatónk az őszi szemesztert már az EJF kötelékében kezdi, és csak munkaideje 24%-át tölti az önkormányzat színeiben. Az, hogy a költségvetési egyensúlyt, a kutatómunka biztos folytatását jelentő eredeti

(2006. évi referenciaszintnek megfelelő) költségvetést sikerül-e helyreállítani, csak az évkönyv megjelenésének idejére válik ismertté.

Intézetünk műszerezettségében az áttekintett időszak alatt jelentős változás nem történt. 2009. során mindkét 50 cm-es távcsövünk főtükrét letisztítottuk. Az RC távcső elektronikus vezérlését többször is javítani kellett, és állandó problémák voltak vele – így 2010-re elhatároztuk lecserélését egy új (a tervek szerint hazai fejlesztésű) rendszerre. A két év egyetlen említésre méltó előrelépése a BART-1 robottávcső optikai rendszerében fellépő szórt fények kiküszöbölése (Bíró). Ennek következménye a flatfield szerkezet stabilitásának és a leképezés kontrasztosságának ugrásszerű javulása lett (1. ábra). Mindennek eredményeképpen a szupernóva-detektálási küszöbszintünk elérte a 18 magnitúdót (fehér fényben), fotometriai méréseink pontossága is lényegesen javult.

Négy év után internet kapcsolatunk technológiaváltásával végre elérhettük a 10/10 Mb sebességet. Ezt sajnos nem kísérte az elektromos hálózati szolgáltatásunk javulása.



1. ábra A BART-1 optikai rendszerének javulása a szórt fények kiküszöbölése után.

## Személyi ügyek, kapcsolatrendszerünk

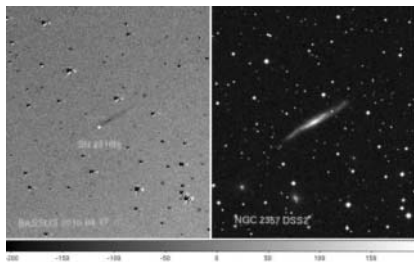
Személyi állományunkban változás történt: 2009 januárjától Kiss Zoltán az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézethez került át, helyét a Szegedi Tudományegyetem csillagász szakán végzett Szakáts Róbert vette át.

Nemzetközi kapcsolatrendszerünk legfontosabb történései: a kolozsvári Babeş-Bolyai Egyetem Csillagászati Obszervatóriumával kötött együttműködési megállapodás, amelyet 2008. október 17-én, egy intézetközi szemináriumi nap alkalmával írtunk alá Dr. Szenkovits Ferenc igazgatóval, valamint a brnói Masaryk Egyetem csillagvizsgálójával kötött együttműködési megállapodás, amelyet Dr. Jan Janik és Gabriel Szász kéthetes bajai látogatása során írtunk alá (2008 novemberében).

Huzamosabb ideig intézetünkben dolgozó vendégkutatók: Olivera Latkovic és Cséki Attila (Belgrádi Obszervatórium, Szerbia), és Vitaly Breus (Tengerészeti Egyetem, Odessa, Ukrajna).

## Tudományos munka

2008-tól új távcsőidő-beosztási rendszer szerint működnek távcsöveink, amely elég jelentős eltérés más kutatóintézetektől. A BART robottávcső idejét egyhetes blokkokban 3 program között osztottuk fel: az újhold körüli legjobb időszakot abszolút elsőbbséggel a BASSUS szupernóva-kereső program – körülbelül 600 terület figyelése, a Szegedi Egyetem csillagászaival közös projekt – kapta (2. ábra). Az első és utolsó negyed körüli 1-1 hetet nyílthalmazok (NGC 2281, 2632, 6738, 6885, 7142, IC 1369) idősor-fotometriája, végül a maradék 1 hetet kisbolygók asztrometriája kapta. Ezt a felosztást a lelassult adatfeldolgozás miatt 2010-től mindhárom programra körülbelül egyenlő 10-10 napos periódusra változtattuk, illetve programba vettük az újhold körüli 1 hét kivételével az exobolygók riasztásos alapú észlelését is (az MTA KTM CsKI-vel együttműködésben) – ezek általában úgysem igénylik az egész éjszakát. Másik mérőrendszerünk, az 50 cm-es RC távcső 2009-től egy hetes időszakokban az MTA KTM CsKI KONKOLYVAR programjának kampányában fiatal csillagok Spitzer-űrtávcsöves infravörös fotometriáját BVR sávokra kiterjesztő méréseit végezte (más hazai és külföldi távcsövekkel együtt). A mérések feldolgozása még a kézirat leadásakor is folyik (Szakáts). Továbbá intézetünk kollektívájának saját, hosszú távú programjait (válogatott fedési kettőscsilla-



2. ábra. A BASSUS első valódi szupernóva megfigyelése (SN2010bj, a BART-1 2009. április 17-én készült képén), amelyet az automatikus feldolgozó eljárás végén kaptunk, korábbi referenciaképből történt kivonás után (Vinkó, SZTE). Ez a megfigyelés még nem hozott elsőséget, lévén a területet a szupernóva felvillanása utáni napokban kereste fel a Survey2 automatikus észlelőprogram, és az amerikai észlelők már korábban bejelentették a felfedezést.

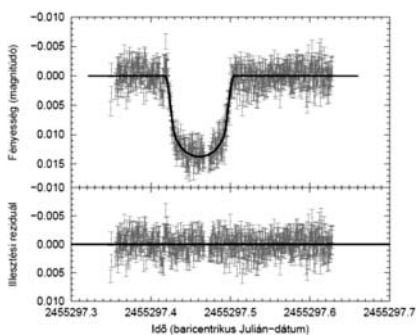
gok minimomidőpontjainak monitorozását és szezononként egyes kiemelt változók BVR fénygörbéjének folyamatos mérését) szolgálja az RC távcső. Kísérleti méréseket kezdtünk el lineáris polarizációs szűrősorozattal. Ha siker koronázza erőfeszítéseinket, fényesebb szoros kettősök körüli anyagot lehet majd tanulmányozni e technikával.

2009-ben új, nagyszabású, nemzetközi együttműködésen alapuló kutatási programba kezdtünk azzal a céllal, hogy feltérképezzük minél több hierarchikus hármas csillagrendszer térbeli konfigurációját, ezáltal keresve választ az egészen szoros fedési kettőscsillagok kialakulásának ma még megoldatlan

kérdésére. Első lépésként sikerrel kértünk és kaptunk távcsőidőt az Európai VLBI hálózat rádiótávcsöveire és a Wilson-hegyi CHARA nagy bázisvonalú optikai (infravörös) interferométerre. Ezekkel a műszerekkel néhány nap eltéréssel végeztünk interferometriai méréseket az Algol rendszerről, sikeresen felbontva a szoros fedési kettős komponenseit is, és így sikerült pontosítani a hármas rendszer térbeli elrendeződésére vonatkozó képpünket. Mindezek felhasználásával numerikusan is modelleztük a rendszer dinamikai fejlődését, és az így kapott adatokat összevetettük a régi észlelésekkel. Ráadásul a VLBI észlelések során még egy nagyméretű kitérést is megfigyeltünk a kromoszferikusan aktív, elfejlődött B komponensen. A főpróbának tekinthető Algol után tovább folytatjuk a mérést más rendszereken. A beszámoló írásakor is van elfogadott mérési beadványunk a CHARA rendszerre. A program 2009 nyara óta finn kutatók bevonásával polarimetriai megfigyelésekkel is bővült. A kutatási programot Borkovits koordinálja, a rádiócsillagászati rész felelőse Paragi Zsolt (volt bajai kolléga, jelenleg JIVE, Hollandia), míg az optikai interferometriai mérések vezetője Csizmadia Szilárd (korábban MTA CSKI, jelenleg DLR, Berlin), de az MTA CSKI több kutatója is szerepel(t) a programban.

A fedési kettősökben található pulzáló változócsillagok módusazonosítására kidolgozott módszerünket továbbfejlesztettük: a gyors forgás által eltorzított, a szokásosan feltételezett gömbszimmetrikustól lényegesen eltérő pulzációs módusok elemzésére is felkészítettük azt. A CoRoT és Kepler űrtávcsövekkel időközben már megszülettek az első, programunkkal feldolgozható mérések is. Sajnos az űrtávcsövek csak egy – viszonylag széles – hullámhossztartományban mérnek, a pontos modellezéshez pedig közepes sáv szélességű többszín-fotometriai és lehetőleg spektroszkópai észlelések lennének szükségesek (Bíró).

Megkezdjük a hármas rendszerek dinamikai viselkedésének analitikus és numerikus vizsgálatából levezetett O-C görbéket analizáló programunk



3. ábra. A BART-1 robottávcső nagy látómezeje miatt sok összehasonlítható kapcsolható be a fotometriai adatfeldolgozásba, így a pontosság néhány ezred magnitúdóra javítható, ami már elegendő exobolygó-átvonulások fénygörbéinek kimérésére is. Az ábrán a HAT-P-3b bolygó 2010. április 10-i átvonulásának idősorát látjuk. Az elért pontosság korábban a mi műszereinkkel elképzelhetetlen volt.

átdolgozását az exobolygók, exobolygórendszerek, illetve exobolygót és holdat tartalmazó rendszerek problémájára (Borkovits).

A gerjesztett csillagképződés témájának kutatása Kiss Zoltán távozásával befejeződött, a témában „Spontán folyamat-e a csillagkeletkezés?” címmel benyújtott doktori disszertációját Kiss még bajai kutatóként sikerrel védte meg 2008. december 15-én.

A beszámolási időszakban e témákból 4 impakt faktoros, 2 egyéb referált szakfolyóiratban és könyvben, 7 konferencia-, illetve nem referált kiadványban jelent meg cikkünk. Különböző szakmai konferenciákon összesen 10 poszteren szerepeltek munkáink. Hazai és külföldi konferenciákon 11 magyar és 13 angol nyelvű szakmai előadást tartottak munkatársaink. Kutatóink összesen 14 nemzetközi konferencián szerepeltek, kettőn felkért tudományos szervezőbizottsági tagként is.

Kollégáink rendszeresen lektoráltak külföldi és hazai szakfolyóiratok számára cikkeket, szakkönyveket, valamint bíráltak szakdolgozatokat és doktori dolgozatokat, tudományos pályázatokat.

## Egyetemi oktatás és szakkönyvtár

A Pécsi Tudományegyetem Fizikai Intézetének Csillagászati Külső Tan székeként folyamatosan oktattunk csillagászati tárgyakat. A bolognai rendszer bevezetésének egyik következményeként a tavaszi szemeszterről őszre került a vizsgaköteles Kozmikus fizika tantárgy, némiképp módosult a tematikája is és megnevezése is (Bevezetés az asztrofizikába). 2009 tavaszán Kiss, őszén Hegedüs tartotta az ezeknek megfelelő órákat Pécsen. Az őszi szemeszterekben Napjaink asztrofizikája címmel vizsgaköteles kurzust tartottunk éveken át a fizikatanári szakos levelező hallgatóknak. A bolognai rendszer másik (kellemetlen) következményét a Pécsi Tudományegyetem (és így intézetünk) is elszenvedte: 2010 őszén csak egyetlen hallgatója lett volna a Bevezetés az asztrofizikába tárgynak, így helyette műveltségi speciálkollégium meghirdetésére kaptunk megbízást. Kutatóink minden évben több egyetemi hallgató nyári gyakorlatának, illetve szakdolgozatának témavezetői, konzulensei. A vonatkozó időszakban Baján készült csillagászati TDK és szakdolgozatok: Grezsa Tamás (SZTE, Bíró), Simity Szabolcs (PTE, Borkovits), Horváth Ádám (PTE, Hegedüs), részben bajai megfigyelések alapján készült szakdolgozat: Bakaity Zóárd (ELTE, témavezető: Pál András). Bíró 2009-től Olivera Latkovic (Belgrádi Observatórium) PhD hallgató külső konzulense. Hegedüs 2009-ben a XXIX. OTDK csillagászati dolgozatainak bírálójaként és zsűritagjaként is szerepelt.

A bajai csillagvizsgáló könyvtára korlátozottan nyilvános szakkönyvtár. Könyvtárunk 18 m<sup>2</sup>-es szolgáltató helyiségében az olvasók rendelkezésre áll egy számítógép internet hozzáféréssel és szkennelrel. A gépen lévő integrált könyvtári rendszerrel állományunk jelentős részében tudnak keresni olvasóink. A könyvtár 2009-ben munkanapokon 10–18 óra között állt az érdeklődők rendelkezésére, közel 6000 kötetes kölcsönözhető dokumentummal. Szaporodó olvasó körünk elsősorban az intézetünkben szakdolgozó, nyári gyakorlatot töltő hallgatók és vendégkutatók közül kerül ki. 2009 végén a Csillagászat Nemzetközi Évének mintegy bajai zárásaként kiállításon mutatkozott be a könyvtár XIX–XX. század fordulójáról származó érdekességeivel (Ruzsics). A kiállítás előbb a bajai Borbás Mihály Bemutatóteremben, majd Kiskunhalason a II. Rákóczi Ferenc Szakközépiskolában volt megtekinthető 2-2 héten át.

## Ismeretterjesztés és egyéb tevékenységek

Az utóbbi évek legnagyobb vállalkozása a PTE TÁMOP 4.2.3. pályázatához kapcsolódóan felvállalt „Asztro/fizika roadshow” program, amelyet mi dolgoztunk ki, és 2010 februárja és áprilisa között valósítottunk meg először. Bács-Kiskun megye 52 középiskolájából 32-t sikerült végigjárni. Minden helyen egy vetítéses előadásban a fizika, a csillagászat – és általában a természettudományok – fontosságáról, a jövő generációk előtt álló olyan kihívásokról beszéltünk, amelyekhez nélkülözhetetlenek lesznek az ilyen irányú ismeretek. A kitűzött cél az volt, hogy minél több fiatal érdeklődését ismét a természettudományok és a fizika felé fordítsuk. A lelkesítő előadás-hoz eszökbemutató kapcsolódott, ahol sztereomikroszkópoktól kezdve különleges, rezgésmentes binokuláron át éjjellátó készülékekig és marsjáró modellig sok mindent kipróbálhattak maguk a diákok is. A fénypont persze a Nap protuberanciáinak és színképének élő bemutatása volt. A jelenléti ívek alapján kétezernél is több diákhoz volt alkalmunk szólni!

Hazai és nemzetközi tudományos szervezetek (IAU, MTA, Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Magyar Asztronautikai Társaság, Magyar Csillagászati Egyesület, TIT Bácskai Egyesülete) munkájában több munkatársunk is részt vesz.

A „Csillagászat Nemzetközi Éve 2009” előkészítésére és lebonyolítására felállított hazai szervezőbizottságban is aktívan közreműködtünk (Hege-düs). A Szegedi Tudományegyetem csillagászaival és az MCSE-vel közösen nagyszabású csillagászati vetélkedősorozatot szerveztünk. Középiskolai kategóriájának kétnapos döntőjét 2009. április 24–25-én a kecskeméti

Katona József Megyei Könyvtárban és a Kecskeméti Planetáriumban rendeztük meg. Négy év szünet után, a Csillagászat Nemzetközi Éve alkalmából megszerveztük a hazai csillagász kutatók országos találkozóját (Balatonlelle, 2009. október 15–17.). Mindezen felül még 2009 januárjában saját kiállítási anyagot is összeállítottunk háromdimenziós csillagászati-űrkutatói képekből, hozzá kapcsolódó vetíthető anyagokból, amely utazó kiállításként sok ezer emberhez juttatta el a páratlan látványt.

Intézetünk a régió tudományos életében, különösen a természettudományos ismeretterjesztés terén folyamatos aktivitást fejt ki. A Tudomány Napjának helyi plenáris ülésein rendszeresen meghívott előadással szereplünk (2008. november 10., Bíró, 2009. november 3., Hegedüs). Ezen felül minden évben városi csillagászati szakkört vezetünk, valamint július elején egyhetes, középiskolás csillagászati szaktábort, amely közkedvelt hagyományos programunk. Intézetünk minden évben színes tudományos programmal vesz részt mind a júniusi Múzeumok Éjszakája, mind a szeptemberi Kutatók Éjszakája rendezvényeken. Az augusztusi Perseidák meteorraj maximumához legközelebbi szombatokon napnyugtától hajnalig tartó Városi Nyílt Csillagászati Bemutatóesteken mindig magas látogatottságot értünk el (150–250 fő). A környező városokban (Pécs, Kiskunhalas) megrendezett őszi „csillagászati hét” rendezvényeken rendszeresen előadásokkal szerepeltünk. Egyéb bemutatóink és ismeretterjesztő rendezvényeink igazodtak az égi jelenségekhez és az ország különböző pontjairól bejelentkező iskolai csoportok igényeihez, valamint az MCSE országosan meghirdetett akcióihoz.

A vonatkozó időszak kiemelkedő amatőrcsillagászati programja volt a 2010. április 9–10. között Baján megrendezett Magyar Csillagászati Egyesületek, Alapítványok Országos Találkozója. A vezértéma a Csillagászat Nemzetközi Éve lebonyolításának beszámoló, tapasztalatainak összegzése és a 2010. évi folytatás lehetőségei voltak.

Folyamatosan szakmai, szervezési és alkalmanként anyagi segítséget is nyújtunk határainkon túli magyar csillagászati szervezeteknek, így a Temesvári Obszervatóriumnak, az Univerzum Egyesületnek (Románia), az UMa és Corvus Egyesületeknek (Szlovákia), az M24 Egyesületnek (Szerbia). Állandó szakmai tanácsadást nyújtunk régi partnerünknek, a Kiskunhalasi Városi Csillagvizsgálónak, és folyamatos az együttműködésünk a Kecskeméti Planetáriummal is (az általuk kezdeményezett „Carpatica” Planetáriumi Szövetség alapító tagjai sorában is ott volt intézetünk).

Állandó ingyenes szolgáltatásunk volt a nappali felhő-, és az éjszakai teljeségbolt-kamera képeihez történő hozzáférés, valamint a meteorológiai miniállomás, amelyeket egyre szélesebb körben használnak az ország

minden pontjáról. Teljeségbolt-kameránk folyamatosan szolgáltatott képeink amatőrcsillagászok rendszeresen vadásznak tűzgömbökre, amikből néha a Meteor folyóirat hasábjain is viszontláthattunk képeket. 2009 végétől két új fejlesztés történt: magánkezdemenyezéssel megépült egy videóos meteorkamera, amely megkezdte működését a szerveződő országos hálózat részeként (Igaz Antal, Budaörs), valamint az éjszakai teljeségbolt-kamera mellett folyamatosan égi háttérfényesség-mérést indítottunk, egy Unihedron SQM-LU berendezéssel, hazánkban elsőként (Jäger).

Részben az önkormányzati elvárások miatt, részben állandó partnereink, a DDKKK Zrt. megrendeléseiből eredően intézetünk állandósult tevékenysége lett az innováció és a műszerfejlesztés is. Ennek keretében a beszámolási időszakban napelemek vezérlésének optimalizálásához készítettünk csillagászati számításokat, valamint a Dél-Alföldi Regionális Fejlesztési Tanács Innovációs Bizottságának egy tagját intézetünk adta (Hegedüs). Folyamatosan dolgozunk az intézetünk területére tervezett „tudományos látványpark”, valamint a Zselici Csillagoségbolt Park területére tervezett csillagászati létesítmények tervezésén, megvalósításán.



**Szerzőink, közreműködőink**

ÁBRAHÁM PÉTER, az MTA doktora, igazgató, MTA KTM CSKI

BENKŐ JÓZSEF, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA KTM CSKI

BUDAVÁRI TAMÁS, PhD, Research Scientist, The Johns Hopkins University, USA, egyetemi docens, Óbudai Egyetem

BUTUZA TAMÁS, amatőrcsillagász, informatikus

GÖRGEI ZOLTÁN, amatőrcsillagász, Polaris Csillagvizsgáló

HEGEDÜS TIBOR, PhD, a BKMÖ Csillagvizsgáló Intézet igazgatója

KAPOSVÁRI ZOLTÁN, amatőrcsillagász

KÁLMÁN BÉLA, az MTA doktora, nyugalmazott tudományos főmunkatárs, MTA KTM CSKI

KOVÁCS JÓZSEF, PhD, tudományos főmunkatárs, ELTE Gothard Asztrofizikai Observatórium

KUN MÁRIA, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, MTA KTM CSKI

MIZSER ATTILA, amatőrcsillagász, a Magyar Csillagászati Egyesület főtitkára

PETROVAY KRISTÓF, az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi docens, ELTE TTK Csillagászati Tanszék

SÁNTA GÁBOR, amatőrcsillagász, régész, SZTE BTK Régészeti Tanszék

SÁRNECZKY KRISZTIÁN, titkár, Magyar Csillagászati Egyesület

SZABADOS LÁSZLÓ, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, MTA KTM CSKI

SZABÓ RÓBERT, PhD, tudományos munkatárs, MTA KTM CSKI

SZABÓ SÁNDOR, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője

SZÖLLŐSI ATTILA, amatőrcsillagász, az MCSE Kiskun Csoport helyettes vezetője



**Makszotov.hu**  
Távcső- és mikroszkóp bolt



## ... ha kell egy hely, ahol értenek a távcsövekhez

Akár egy kezdő távcsövet, akár egy profi, számítógép-vezérlésű asztrofotós műszert keres, jöjjön el személyesen boltunkba vagy látogasson el a honlapunkra és segítünk megtalálni az igényeinek és pénztárcájának leginkább megfelelő eszközt. Vásárlás után is forduljon hozzánk bizalommal: ha kérdése vagy problémája akad mindent megteszünk, hogy megoldjuk!

### A legjobb márkák egy helyen

- |                  |                      |
|------------------|----------------------|
| • Baader         | Celestron •          |
| • Coronado       | Fujinon •            |
| • Lumicon        | Meade •              |
| • Opticron       | Orion Optics •       |
| • Orion USA      | Pentax •             |
| • Pulsar         | Scopium •            |
| • SkyWatcher     | Takahashi •          |
| • Televue        | The Imaging Source • |
| • William Optics | Yukon •              |



#### Postacím:

Budapest, 1096 Thaly Kálmán u. 34.  
(Klinikák metro megálló mellett)

#### Telefon:

1/707-85-12  
20/5-981-941

#### Nyitva:

hétfő-péntek  
11-17h

#### Web:

<http://www.makszotov.hu>  
[info@makszotov.hu](mailto:info@makszotov.hu)

budapesti  
**távcső**  
centrum



# Budapesti Távcső Centrum

- » a legjobb távcsőmárkák képviselete
- » a legnagyobb hazai raktárkészlet
- » csillagászati távcsövek, mechanikák
- » állványok, kiegészítők
- » binokulárok, spektívek
- » éjjellátók, mikroszkópok
- » csillagászatra, természetfigyelésre, fotózáshoz



Budapest XII.  
Városmajor u. 19/b  
1 percre a Déli pályaudvartól

telefon (1) 202 5651  
(20) 484 9300  
fax (99) 332 548

nyitva tartás  
H-P: 10-18h  
SZO: 9-13h  
info@tavcsu.hu  
btc@tavcsu.hu

[www.tavcsu.hu](http://www.tavcsu.hu) [www.tavcsu.com](http://www.tavcsu.com)

Sky-Watcher

acuter

CELESTRON

DELTA OPTICS

MEADE

LACERTA

23

TeleVue

ZEISS

RODOLPH

ODIPOL

www.uzant.hu

BYTREK

CORONADO

Mikro

AstroMedia

ISOPTICAL

Astronomik

YUKON



Canis maior.  
Australis, Sirius, Aspidochelone,  
Homerus deus deus,  
Arab. Al-labon, El-labon, El-labon,  
Alchemini  
كلب الكبار  
كلب النهر

Marish

Canis  
Major  
Al-labon



År: 2400 Ft